



Universidad
Carlos III de Madrid

Trabajo Fin de Grado

Normativa en los despliegues de fibra hasta el hogar: Facilitadores y barreras

Beatriz García-Miguel López

Grado en Ingeniería de Sistemas Audiovisuales

Tutora:

Raquel Pérez Leal

Agradecimientos

*A mis padres, Manuel y Mary,
por su apoyo incondicional para poder lograr llegar hasta aquí. Nos habéis inculcado
día a día humildad y fortaleza con vuestro ejemplo, este es el fruto de vuestro esfuerzo.*

*A mi hermana, Diana,
por ser modelo a seguir en el plano profesional y sobre todo personal. Sin tus
indicaciones en la vida, todo habría sido mucho más difícil.*

*A Agus,
por convertirse en un miembro más de nuestra familia. Siempre se puede contar
contigo.*

*A José,
por enseñarme sin darse cuenta que “cuando te decepcionan, la mañana llega y es otro
día soleado”.*

*A mi tutora, Raquel,
por haberme impresionado hace años como profesora de “Proyectos y Normativa de
las Telecomunicaciones” y ahora formar parte del broche final de esta trayectoria.*

Resumen

La conectividad basada en fibra óptica proporciona nuevos servicios que mejoran la calidad de vida, contribuyen a la sostenibilidad y aumentan la competitividad económica. Esta tecnología transforma y mejora nuestra forma vivir, hacer negocios e interactuar. El concepto de banda ancha y la tendencia hacia la utilización masiva de Internet, plantea la duda de cómo se va a poder abastecer la creciente demanda de los usuarios.

La utilización de fibra óptica se presenta como una de las opciones predominantes en las infraestructuras de redes de banda ancha, donde existe una constante evolución en innovación y estandarización para lograr la adaptación a las próximas versiones de esta tecnología. El objetivo fundamental de este proyecto, es realizar un análisis de la normativa y regulación existentes en los despliegues de fibra hasta el hogar, para poder considerar cuales son los facilitadores y barreras ante los que nos encontramos en los despliegues.

Además, se pretende realizar una comparativa desde el punto de vista técnico de las redes desplegadas en España con respecto al resto de países de la Unión Europea y proponer recomendaciones para mejorar los objetivos de la Agenda Digital Europea en 2020.

Palabras clave: fibra óptica, normativa, regulación, barreras, facilitadores.

Abstract

The connectivity based on optical fiber offers new services that improve the quality of life, they contribute to sustainability and increase economic competitiveness. This technology transforms and improves our way of living, doing business and interacting. The concept of broadband and the trend to the massive use of the Internet, raise the question of how it will be able to cope with the growing demand of users.

The use of optical fiber is one of the predominant options in broadband infrastructures, which there are a constant evolution in innovation and standardization to improve to the next versions of this technology. The main objective of this project is to develop an analysis of the current rules and regulations in deployments of fiber to the home, in order to state the drivers and obstacles in those deployments.

In addition, it is proposed to make a comparative from the technical point of view of the deployed networks in Spain with respect to the other European countries and to propose recommendations to improve the objectives of the European Digital Agenda in 2020.

Key words: FTTH, deployments, regulation, barriers, drivers.

ÍNDICE GENERAL

1. Introducción.....	11
1.1 Objetivos principales y específicos.....	11
1.2 Marco regulador.....	12
1.3 Estructura del documento	12
2. Estado del Arte	14
2.1 Banda Ancha: Definición del concepto	14
2.2 Tipos de accesos de Banda Ancha	15
2.2.1 Acceso fijo.....	15
2.2.2 Acceso móvil	20
2.3 Banda Ancha a través de Fibra Óptica.....	23
2.3.1 PON	25
2.3.2 GPON (ITU-T G.984)	26
2.3.3 EPON (IEEE 802.3)	27
2.3.4 GPON vs EPON	28
2.4 Entorno normativo y regulatorio de los mercados de acceso de nueva generación de redes	29
2.4.1 Ámbito europeo	30
2.4.2 Ámbito nacional	41
3. Análisis del despliegue de FTTH en España	48
3.1 España en el entorno europeo	48
3.1.1 Comparativa de España con el resto de la UE.....	49

3.1.2 Despliegues de NGA en zonas rurales en España respecto a Europa	52
3.2 Evolución de los despliegues de banda ancha en España	53
3.2.1 Líneas y penetración de la banda ancha fija	53
3.2.2 Análisis de las tecnologías desplegadas	55
3.2.3 Redes de nueva generación.....	56
3.2.4 Impacto económico de las redes de banda ancha	58
3.2.5 Velocidades de las líneas contratadas.....	60
3.2.6 Estándares desplegados	61
4. Facilitadores y barreras en los despliegues de fibra óptica hasta el hogar	66
4.1 Análisis socio-económico	66
4.1.1 Impacto de la regulación de redes de acceso de banda ancha en el sector de las Telecomunicaciones	66
4.1.2 Impacto en la sociedad y la economía	67
4.2 Principales facilitadores y barreras en los despliegues de fibra óptica.....	70
4.2.1 Facilitadores	70
4.2.2 Barreras.....	76
4.3 Propuesta de actuación para mejorar los objetivos de la Agenda Digital Europea en 2020.....	79
4.3.1 Optimización de infraestructuras y tecnología	79
4.3.2 Fomento de la administración y el comercio electrónicos	81
4.3.3 Apuesta por la eficiencia, innovación y emprendimiento	83
4.3.4 Inversión en contenidos multimedia y apuesta por la educación tecnológica.....	84
4.3.5 Facilitadores, barreras y medidas relacionadas	85

5. Planificación de Proyecto	89
5.1 Planificación	89
5.2 Costes y Presupuesto	90
6. Conclusiones.....	92
Glosario	96
Bibliografía.....	99

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Porcentaje de población con cobertura superior a los 100 Mbit/s.....	40
Gráfica 2 Porcentaje de población con cobertura de fibra óptica hasta el hogar.....	40
Gráfica 3 Cobertura de las redes fijas de nueva generación sobre los hogares (%), julio de 2015	49
Gráfica 4 Líneas de banda ancha fija por tecnología en la UE y en España (% sobre total de líneas), julio de 2015.....	51
Gráfica 5 Líneas de nueva generación activas sobre total líneas de banda ancha fija (% y entre paréntesis tasa de crecimiento interanual), julio de 2015	51
Gráfica 6 Cobertura por tecnología en España y la UE, 2015	52
Gráfica 7 Evolución de las líneas de banda ancha y penetración (millones de líneas y líneas/100 habitantes)	53
Gráfica 8 Penetración de la banda ancha por tipo de municipio de líneas/100 habitantes (junio 2015)	55
Gráfica 9 Evolución de la banda ancha por tecnología (millones de líneas).....	56
Gráfica 10 Evolución de los accesos instalados y en servicio de DOCSIS 3.0 y FTTH en España (miles)	57
Gráfica 11 Evolución de los ingresos de la banda ancha por tecnología (millones de euros)	58
Gráfica 12 Cuotas por ingresos de FTTH.....	59
Gráfica 13 Evolución de las líneas de banda ancha por velocidad contratada (%)	60
Gráfica 14 Líneas de banda ancha por velocidad contratada y tecnología (%).....	61
Gráfica 15 Predicción de Nielsen aplicada para 3 tipos de servicio de la tecnología PON, 2004-2025	62

Gráfica 16 Evolución de las tasas de datos FTTH, 1995-2025	63
Gráfica 17 Predicción de Nielsen aplicada para 3 tipos de servicio de la tecnología PON, 2005-2040.....	65
Gráfica 18 Valores del IDI por países en Europa en 2016	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Esquema de conexión por satélite: acceso unidireccional.....	19
Ilustración 2 Esquema de conexión por satélite: acceso bidireccional.....	20
Ilustración 3 Tipos de redes de fibra	24
Ilustración 4 Red PON.....	25
Ilustración 5 Mapa de penetración de la banda ancha por provincias (líneas/100 habitantes).....	54
Ilustración 6 Eje cronológico de los estándares desplegados de FTTH	63
Ilustración 7 Distribución geográfica mundial del IDI por cuartiles, 2016.....	69
Ilustración 8 Facilitadores en los despliegues de FTTH.....	70
Ilustración 9 Barreras en los despliegues de FTTH.....	76
Ilustración 10 Planificación temporal.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Recomendaciones ITU-T sobre xDSL	16
Tabla 2 Comparativa características de GPON y EPON.....	29
Tabla 3 Evolución de las líneas de banda ancha por operador y tecnología	59
Tabla 4 Propuesta de actuación	86
Tabla 5 Costes materiales	90
Tabla 6 Costes personales	91
Tabla 7 Presupuesto final del Trabajo Fin de Grado	91

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS PRINCIPALES Y ESPECÍFICOS

En los últimos tiempos, los servicios ofrecidos sobre redes de telecomunicación han experimentado un crecimiento muy notable, y cada vez más la demanda de otros nuevos hace que sea necesario aumentar las prestaciones de las redes de banda ancha. De esta forma, si hace unos años los servicios que la sociedad reclamaba consistían fundamentalmente en teléfono y acceso a internet, hoy en día el abanico de potenciales servicios que se ofrecen es enorme: impresión 3D, uso de la nube, realidad virtual, el tráfico generado por las personas en forma de vídeos, las ciudades inteligentes, redes sociales, teletrabajo, telemedicina, juegos en red, televisión de alta definición, etc. Esto requiere de nuevas redes de acceso que puedan ofrecer una mayor capacidad a los consumidores potenciales.

En este ámbito, las redes de banda ancha sobre fibra óptica están experimentando un gran auge a nivel mundial, posicionándose como la infraestructura de red fija predominante en un futuro inmediato, de cara a sustituir las redes tradicionales de cobre en la prestación de servicios de telecomunicación triple-play (voz, vídeo y datos). Las características de la fibra óptica en comparación con las redes tradicionales de cobre son varias:

- Mayor ancho de banda
- Capacidad para dar servicio a mayores distancias
- Mayor vida útil
- Inmunidad a interferencias electromagnéticas
- Mayor fiabilidad
- Costes de mantenimiento más reducidos

Como se detalla a lo largo de este trabajo, existen varias arquitecturas y tecnologías sobre redes de fibra óptica en función de las que el despliegue se realizara de una forma u otra. En los capítulos siguientes, se analiza con detalle las principales tecnologías de acceso, considerando tanto sus características técnicas de prestaciones, como su adecuación a los servicios de telecomunicación.

El objetivo fundamental de este proyecto, es realizar un análisis de la normativa y regulación existentes en los despliegues de fibra hasta el hogar, para poder considerar cuales son los facilitadores y barreras ante los que nos encontramos en los despliegues de fibra óptica. Además, se pretende realizar una comparativa desde el punto de vista técnico de las redes desplegadas en España con respecto al resto de países de la Unión Europea y proponer recomendaciones para mejorar los objetivos de la Agenda Digital Europea en 2020.

1.2 MARCO REGULADOR

Tal y como se indica en los objetivos, este trabajo tiene como fin analizar el marco regulador de los despliegues de fibra óptica hasta el hogar y su evolución. En concreto, primero se encuentra un análisis de los estándares técnicos y después se profundiza en el entorno normativo y regulatorio.

1.3 ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

La memoria de este trabajo está organizada en cinco capítulos. A continuación, se ofrece una breve descripción de cada uno de ellos.

- Capítulo 2. En este capítulo se estudian las tecnologías de acceso de banda ancha, agrupadas en función del soporte físico que emplean: xDSL, HFC, WiMAX, Satélite y Acceso móvil. Además, se analizan los distintos tipos de redes de banda ancha a través de fibra óptica: PON, GPON y EPON. Para finalizar el capítulo, se expone el entorno normativo y regulatorio, a nivel europeo y nacional de los mercados de acceso de nueva generación de redes.
- Capítulo 3. Como núcleo del trabajo se analiza la posición de España en el entorno europeo en los despliegues de fibra óptica, realizando una comparativa con el resto de la Unión Europea en cuanto a tecnologías desplegadas, número de líneas de banda ancha fija, impacto económico de las redes de banda ancha y un análisis de los estándares desplegados y su visión de futuro.
- Capítulo 4. En este capítulo, primero se realiza un análisis socio-económico del impacto de la normativa técnica y la regulación del acceso de banda ancha de fibra óptica en el propio sector y después para los despliegues de acceso de banda ancha de fibra óptica en la economía y sociedad en general. En segundo lugar, se examinan los principales facilitadores y barreras en los despliegues de

fibra de óptica para finalizar el capítulo con una propuesta de actuación para mejorar los objetivos de la Agenda Digital Europea 2020.

- Capítulo 5. Se muestra la planificación y presupuesto económico para la realización del trabajo. Así mismo se realiza un análisis del impacto de la normativa técnica y la regulación en un área de tanto interés para el desarrollo socio-económico como es el sector del acceso de banda ancha de fibra óptica.
- Capítulo 6. Por último, se presentan las conclusiones más destacadas del estudio realizado. Además, se plantean futuras líneas de trabajo.

2. ESTADO DEL ARTE

Este capítulo se encuentra estructurado con un estudio de las tecnologías de acceso de banda ancha, agrupadas en función del soporte físico que emplean: xDSL, HFC, WiMAX, Satélite y Acceso móvil. Además, se analizan los distintos tipos de redes de banda ancha a través de fibra óptica: PON, GPON y EPON.

Por último, se expone el entorno normativo y regulatorio europeo y nacional de los mercados de acceso de nueva generación de redes.

2.1 BANDA ANCHA: DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

El término de banda ancha, se trata de un concepto complejo de definir puesto que no se trata de un término absoluto ni fijo sino de algo que depende de factores que se modifican con el transcurso del tiempo.

La banda ancha permite a los usuarios un acceso a Internet a velocidades considerablemente rápidas dado que actualmente, se considera banda ancha rápida a tasas en torno a los 30 Mbit/s o superiores y banda ancha ultrarrápida a conexiones por encima de los 100 Mbit/s [1].

La accesibilidad de la banda ancha requiere de cierta capacidad de procesamiento de datos digitales, por lo que la información analógica se convierte en digital (codificación) y, en algunos casos, se comprime para conseguir ocupar un menor ancho de banda.

De este modo, la voz (VoIP), los datos y el vídeo pueden transitar por las redes en forma de bits y tener un tratamiento parecido, para que independientemente de cual sea la fuente de información, su transporte y enrutamiento puede realizarse por los mismos sistemas. Por último, será el terminal del usuario, el que decodifique y devuelva la señal a su formato original.

Al combinar las tecnologías de digitalización y codificación junto con la existencia de unas redes de acceso y transporte con cada vez mayor capacidad, se logra una transmisión más rápida y con mayor tasa de información, por lo cual Internet actualmente transmite los bits mucho más rápido que las conexiones tradicionales, proporcionando ventajas como:

- La conexión está establecida de forma continua, lo que facilita que se pueda acceder a Internet sin necesidad de realizar marcación alguna.
- La velocidad a la que es posible descargar información es considerablemente más rápida que con los módems tradicionales.
- Las empresas pueden usar las redes de banda ancha para establecer redes privadas, videoconferencias y para permitir que sus empleados trabajen desde sus hogares.
- La oferta de servicios de ocio y entretenimiento es más amplia que nunca dado que los usuarios pueden acceder a una variedad más extensa de servicios.

2.2 TIPOS DE ACCESOS DE BANDA ANCHA

A continuación se analizan las características de los principales accesos diferenciando entre redes fijas y móviles y según el tipo de tecnología utilizada, inalámbrica (p. ej. redes móviles o satélites) y redes cableadas como xDSL (*Digital Subscriber Line*), HFC (*Hibryd Fiber Cable*) o FTTH (*Fiber to the Home*), empezando por estas últimas. Las redes cableadas basadas en fibra óptica, objeto del presente trabajo, se detallan en un apartado específico [2].

2.2.1 ACCESO FIJO

2.2.1.1 xDSL

Es una familia de tecnologías que se utilizan para transmitir datos digitales a través de líneas telefónicas. En el ámbito de telecomunicaciones, el término DSL (*Digital Subscriber Line*) se emplea ampliamente como línea asimétrica de abonado digital (ADSL), la tecnología DSL más comúnmente instalada para el acceso a Internet. En ADSL, el caudal de datos en la dirección ascendente (la dirección hacia el proveedor de servicios) es menor que en la descendente, de ahí la designación de servicio asimétrico.

El servicio DSL de datos puede ser entregado simultáneamente con el servicio telefónico por cable en la misma línea telefónica. Esto es posible porque DSL utiliza bandas de frecuencia más altas para los datos. En las instalaciones del cliente, un filtro DSL en cada salida no DSL bloquea cualquier interferencia de alta frecuencia para permitir el uso simultáneo de los servicios de voz y datos.

La velocidad de bits de los servicios DSL del consumidor varía típicamente de 256 kbit/s a más de 100 Mbit/s en dirección de bajada hacia el cliente, dependiendo de la tecnología DSL, las condiciones de línea y la implementación de nivel de servicio. Se han alcanzado velocidades binarias de 1 Gbit/s en ensayos, pero es probable que la mayoría de los hogares estén limitados a 500-800 Mbit/s.

El VDSL (*Very high-bit-rate Digital Subscriber Line*) es otra tecnología de esta familia bastante utilizada en los últimos años, se caracteriza por permitir un bucle de muy corta longitud aunque proporciona mayores anchos de banda que el ADSL convencional.

A continuación se muestra en la Tabla 1, una comparativa de algunas de las tecnologías de acceso DSL, dónde se muestra además la evolución de ADSL:

TABLA 1 RECOMENDACIONES ITU-T SOBRE XDSL

Sistema	ITU-T Rec.	Banda subida (KHz)	Banda bajada (KHz)	Velocidad máxima de bajada (Mbit/s)	Velocidad máxima de subida (Mbit/s)	Distancia máxima (Km)
ADSL	G.992.1	25-138	138-1104	8	1	4-5
ADSL2	G.992.3	25-138	138-1104	12	1	4-5
ADSL2+	G.992.5	25-138	138-1104	24	1	4-5
VDSL	G.993.1	Hasta 12		23	4	1.5
				14	14	
VDSL2	G.993.2	Hasta 30		Hasta 100		Depende de la velocidad requerida

Fuente: International Telecommunication Union [3]

En servicios de línea de abonado digital simétrica (SDSL), las velocidades de subida y bajada de datos son iguales. Se han alcanzado velocidades de 10 Gbit/s, al tiempo que ofrecen servicios de acceso simétrico de banda ancha de 1 Gbit/s utilizando líneas telefónicas de cobre tradicionales. Sin embargo, estas velocidades más altas son resultados de laboratorio que aún se encuentran en fase experimental [4] [5].

2.2.1.2 HFC

HFC (*Hibryd Fiber Cable*) es un término para denotar una red de banda ancha que combina la fibra óptica y el cable coaxial. Desde comienzos de la década de los noventa, los operadores de televisión por cable han utilizado habitualmente este tipo de red.

En este sistema híbrido de cable coaxial de fibra, los canales de televisión son enviados desde la instalación de distribución del cable, la cabecera, a las comunidades locales a través de líneas troncales de fibra óptica. En la comunidad local, una caja llamada nodo óptico transduce la señal de un haz de luz a señal eléctrica y la envía por líneas de cable coaxial para su distribución a las residencias de abonado. Las líneas troncales de fibra óptica proporcionan un ancho de banda adecuado para permitir la expansión futura y nuevos servicios de gran ancho de banda.

El estándar en el que se basan estas redes es DOCSIS (*Data Over Cable Service Interface Specification*) que en su versión 3.0 permite velocidades de descarga de hasta 400 Mbit/s en condiciones ideales. En la siguiente evolución del estándar, DOCSIS 3.1, se logra alcanzar hasta 1 Gbit/s de velocidad de descarga [6].

Entre las ventajas de este tipo de redes están que se mantiene un buen ancho de banda aunque la distancia aumente y que los usuarios únicamente deben disponer de un modem de cable en sus equipos para poder conectarse a la red, proporcionando tanto servicios de voz como de datos. No obstante, el ancho de banda depende de la cantidad de usuarios conectados y son necesarios repetidores para distancias elevadas.

2.2.1.3 WIMAX (IEEE 802.16)

La tecnología WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) se presenta como una solución de acceso a datos de área metropolitana, muy versátil y potente. Permite la comunicación inalámbrica entre dispositivos a través de ondas electromagnéticas. WiMAX permite una amplia cobertura y alta calidad de servicio, consiguiendo un alcance de hasta 50 Km para accesos inalámbricos desde una ubicación fija y alrededor de 15 Km para accesos en movilidad.

Esta tecnología presenta una solución muy ventajosa para ofrecer banda ancha a núcleos rurales y también como alternativa de acceso sin cables en entornos metropolitanos.

La velocidad máxima y alcance de las conexiones WiMAX depende de la versión del estándar utilizado según la familia de normas IEEE 802.16. La última versión, conocida como IEEE 802.16m, permite velocidades teóricas de hasta 1 Gbit/s para usuarios en una ubicación fija y 365 Mbit/s para usuarios en movilidad. Estas velocidades son máximo teóricos dado que la velocidad real depende del número de usuarios conectados simultáneamente a un mismo punto de acceso [7].

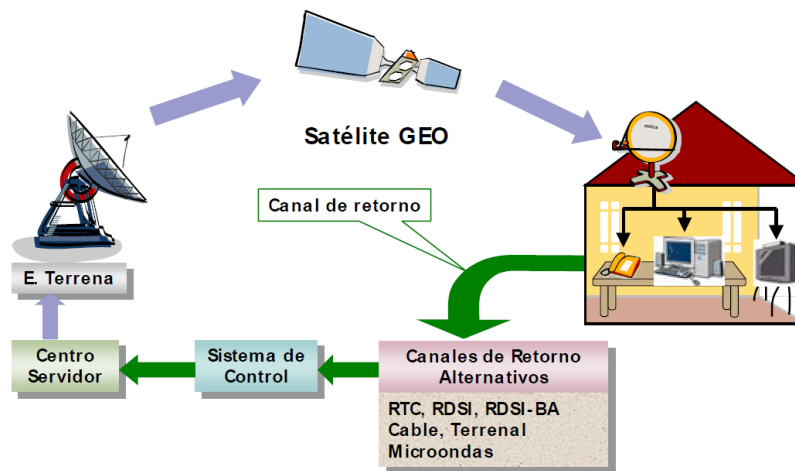
2.2.1.4 SATÉLITE

Este tipo de acceso a Internet es muy adecuado para áreas con una baja densidad de población en las que las soluciones terrestres no llegan porque su despliegue no es viable económicamente. Existen dos configuraciones de acceso dependiendo del tipo de servicio que se requiera por parte del usuario, con una diferencia clara en prestaciones y aplicaciones: acceso unidireccional y acceso bidireccional.

En los accesos unidireccionales se tiene la posibilidad de realizar un envío rápido de grandes volúmenes de información o en tiempo real en modo difusión a varios sitios a la vez. Esto permite que sea un servicio muy utilizado a nivel mundial para la difusión de televisión.

A continuación se ilustra el funcionamiento de este servicio a través de un satélite de órbita geoestacionaria. Este esquema, ver Ilustración 1, es unidireccional en cuanto a la transmisión por satélite, pero desde el punto de vista de servicio realmente es bidireccional, puesto que el acceso a Internet es bidireccional, por esta razón en la imagen se muestra la transmisión en ambos sentidos.

ILUSTRACIÓN 1 ESQUEMA DE CONEXIÓN POR SATÉLITE: ACCESO UNIDIRECCIONAL



Fuente: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, *Los Ingenieros de Telecomunicación y el día de Internet* [8]

El usuario realiza una petición a un servidor de Internet, que se transmite a través del canal de retorno y establece la conexión de acceso a la red de datos del operador. Una vez conectado se encamina dicha petición hacia el centro servidor, que la dirige al servidor de Internet solicitado. El servidor responde con destino a la estación terrena transmisora, que recibe la respuesta y la envía al usuario peticionario a través del enlace por satélite.

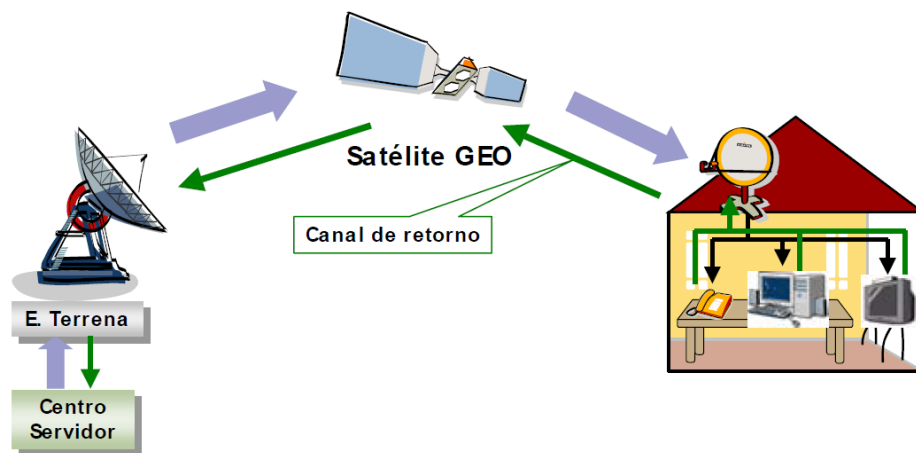
En el acceso bidireccional, se ofrece una conexión de alta velocidad de recepción y emisión vía satélite mediante una antena parabólica especial, capaz de recibir y transmitir simultáneamente, y la instalación de una unidad interior codificadora/decodificadora junto con un dispositivo encaminador, también conocido como router.

Uno de los estándares más utilizados es el DVB-S (*Digital Video Broadcasting by Satellite*) este permite un elevado incremento de la capacidad de transmisión de televisión digital vía satélite utilizando las técnicas de compresión de video basadas en el estándar MPEG-2 para la codificación de fuente y multiplexación, presenta un flujo binario variable de 18,4 a 48,4 Mbits/s. En la actualidad, se emplea el estándar DVB-S2 que constituye una evolución del estándar de satélite DVB-S, presentando una mayor eficiencia. Junto a los anteriores, para el canal de retorno se utiliza DVB-RCS (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite*), que es un estándar para acceso directo

bidireccional a Internet a través del satélite que permite tasas de transmisión del orden de 20 Mbit/s para el enlace de subida y de unos 5 Mbit/s para el enlace de bajada [9].

En este modelo de red, el flujo de tráfico es similar al modo unidireccional, salvo que en este caso el canal de retorno también se realiza vía satélite como puede verse en la Ilustración 2:

ILUSTRACIÓN 2 ESQUEMA DE CONEXIÓN POR SATÉLITE: ACCESO BIDIRECCIONAL



Fuente: Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, *Los Ingenieros de Telecomunicación y el día de Internet* [8]

Las prestaciones que se pueden llegar a conseguir con esta modalidad están en un ancho de banda de hasta 3 Mbit/s en sentido proveedor-usuario y hasta 512 kbit/s en sentido usuario-proveedor.

2.2.2 ACCESO MÓVIL

Es una tecnología que permite una conexión en cualquier lugar e instante, siempre que se disponga de una cobertura móvil y una tarjeta SIM para la identificación de los usuarios. Este acceso inalámbrico de banda ancha permite conexión de red incluso cuando nos desplazamos de un lugar a otro.

Las comunicaciones móviles han experimentado una rápida evolución en los últimos años, dando lugar al desarrollo de los últimos estándares más extendidos que se explican a continuación.

2.2.2.1 UNIVERSAL MOBILE TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS: UMTS

UMTS es el nombre que recibe la tercera generación de sistemas de comunicaciones móviles (3G), siendo desarrollado por la 3GPP y estandarizado por la UIT¹. Este sistema ha sido diseñado integrando tanto redes terrestres como redes satélite, con el objetivo de lograr una comunicación con cobertura mundial. Esto significa que el abonado puede moverse sin pérdida de comunicación entre las diferentes redes [10].

La velocidad de transferencia de datos que se puede alcanzar va desde los 144 kbit/s (terminales desplazándose a gran velocidad) hasta los 2 Mbit/s para terminales en interior de edificios o desplazándose a baja velocidad (menos de 10 Km/h).

Además, UMTS permite ofrecer servicios de banda ancha simétricos o asimétricos, basados tanto en conmutación de circuitos como en conmutación de paquetes, lo que proporciona una gran flexibilidad en la oferta de servicios de voz, datos y contenidos [11].

2.2.2.2 LONG TERM EVOLUTION: LTE

Este estándar también ha sido desarrollado por la 3GPP, supone la evolución de la tecnología UMTS introduciendo grandes mejoras en cuanto a gestión de las conexiones de datos y eficiencia en la transmisión. Al igual que ocurría en 3G, la capacidad de ancho de banda de LTE es compartida por todos los usuarios que se encuentran conectados a la estación base. Como es lógico, la calidad de la conexión dependerá de la distancia del usuario a la estación y de las interferencias existentes. Algunas características básicas de LTE:

- Tasas de descarga y subida: Pueden alcanzar velocidades de pico de 173 Mbit/s de bajada y 86 Mbit/s de subida, y más de 300 Mbit/s con configuración 4x4 antenas. LTE Advanced ofrecerá velocidades teóricas de hasta 1 Gbit/s para usuarios en reposo y de 100 Mbit/s para usuarios en movilidad.

¹ La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) trabaja con los gobiernos y el sector privado para coordinar a nivel mundial la operación de servicios y redes de telecomunicaciones y de información globales.

- Red fácil de desplegar: Los servicios de LTE únicamente utilizan conmutación de paquetes, no puede gestionar SMS o llamadas con conmutación de circuitos, de lo que se siguen encargando las redes GSM con el ahorro que eso supone. El sistema de conmutación de paquetes de LTE está muy optimizado [12].

2.2.2.3 QUINTA GENERACIÓN DE TELEFONÍA MÓVIL: 5G

Las redes móviles de 5ª generación, abreviado como 5G, es el próximo estándar de telecomunicaciones propuesto para continuar con el 4G. Esta nueva generación no sólo tiene como objetivo exclusivamente velocidades de conexión a Internet de pico más rápidas, sino que la planificación 5G tiene como objetivo mayor capacidad que la actual 4G, permitiendo un mayor número de usuarios de banda ancha móvil y permitiendo el consumo de cantidades de datos más altas a nivel de gigabytes. Esto hará factible la transmisión de una gran cantidad de medios de alta definición.

Además el 5G permitirá mejorar la conexión entre máquinas, también conocido como Internet de las cosas, con el objetivo de conseguir un menor coste, menor consumo de batería y menor latencia que el 4G.

Aunque actualmente no hay ningún estándar para implementaciones 5G, la Alianza de Redes Móviles de Próxima Generación define los siguientes requisitos que debe cumplir el 5G [13]:

- Tasas de datos de 1 Gbit/s para las áreas metropolitanas. Esto supondría nada menos que 100 veces más rapidez que en 4G.
- Varios cientos de miles de conexiones simultáneas para redes masivas de sensores inalámbricos.
- Mejora de la eficiencia espectral en comparación con 4G.
- Cobertura mejorada.
- Latencia de 1 ms, reducida significativamente en comparación con LTE.

La Alianza de Redes Móviles de Próxima Generación considera que 5G debería ser lanzado hacia 2020 para satisfacer las demandas de negocios y consumidores. Además de proporcionar velocidades más rápidas, predicen que las redes 5G también tendrán que encontrarse con nuevos casos de uso como el Internet de las cosas, así como

servicios de transmisión y comunicaciones de emergencia, en tiempos de desastres naturales.

Aunque se están considerando estándares actualizados que definen capacidades más allá de las definidas en los estándares 4G actuales, esas nuevas capacidades han sido agrupadas bajo las actuales normas ITU-T 4G. La Comisión Federal de Comunicaciones de Estados Unidos (FCC), aprobó el espectro para el 5G, incluyendo las bandas 28GHz, 37 GHz y 39 GHz, el 14 de julio de 2016.

2.3 BANDA ANCHA A TRAVÉS DE FIBRA ÓPTICA

La fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el llamado a sustituir las tradicionales redes de cobre dentro del campo de las redes fijas. Las ventajas de la fibra óptica son varias: ancho de banda superior, soportan mayores distancias con menores pérdidas, no existen interferencias electromagnéticas y la seguridad es mayor. Además, como veremos más adelante, los costes de mantenimiento de las redes de fibra óptica son significativamente menores que las redes de cobre.

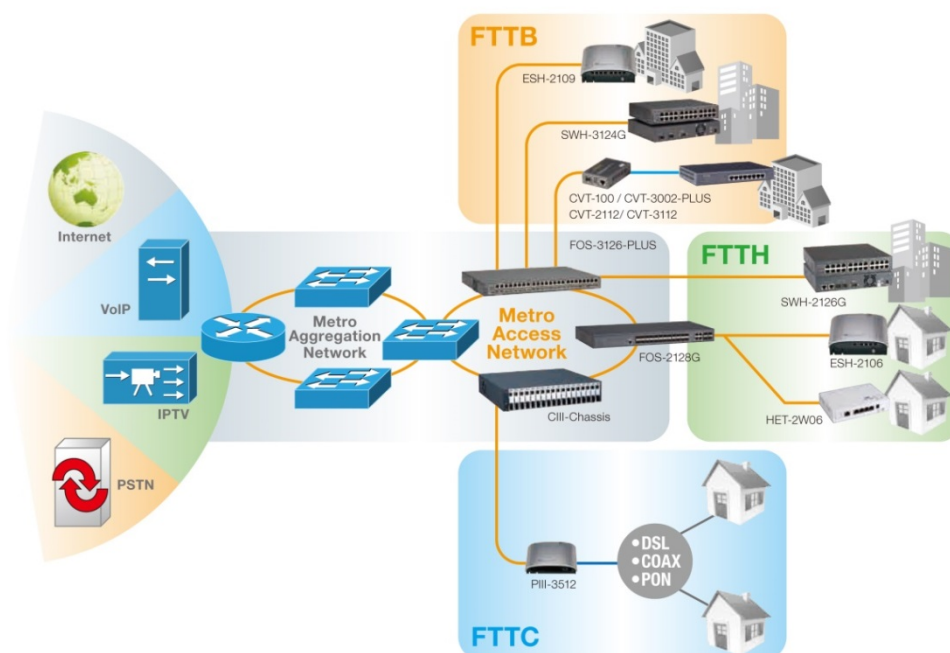
Se consigue una eficiencia en costes mediante la reducción de centrales, consecuencia de unas distancias soportadas por la fibra óptica considerablemente superiores a las que soporta el cobre: del orden de 20 Km en fibra respecto a 5 Km en cobre, aunque en este caso el ancho de banda comienza a verse afectado en distancias superiores a 100 m desde la central, algo que con la fibra no ocurre.

Sin embargo, la principal ventaja de la fibra óptica para los operadores es la posibilidad de ofrecer todos los servicios sobre una misma infraestructura (TV HD, vídeo bajo demanda, juegos en red, videoconferencia, etc.) junto con la reducción en el coste por mantenimiento de la red.

La fibra óptica se utiliza desde hace muchos años en redes troncales, a día de hoy son muchos los países en los que se han llevado a cabo despliegues masivos de fibra óptica también en la red de acceso lo que ha permitido mejorar la competitividad de sus economías y de proveer a los consumidores servicios de banda ancha acordes a las actuales necesidades. De esta forma, en las redes de fibra óptica hablamos de FTTx (*Fiber-to-the-x*) dónde x puede significar diferentes destinos como puede apreciarse en la Figura 3:

- **FTTH (*home*):** Fibra hasta el hogar. La fibra óptica llega en este caso desde la propia central del operador hasta el domicilio de cada cliente logrando servicios de más de 300 Mbit/s.
- **FTTB (*building*):** Fibra hasta el edificio. La fibra finaliza en un punto de distribución ubicado en el interior del edificio de los abonados, desde dónde se accede a los mismos a través de tecnología VDSL2 sobre par de cobre o CAT5. Se logran hasta 32 hogares por fibra óptica con servicios de 100 Mbit/s.
- **FTTC (*curb*):** Fibra hasta la acera, a un máximo de 300 m del edificio. Cubre entre 10 - 100 hogares por fibra y provee servicios de 50 Mbps.
- **FTTN (*node*):** Fibra hasta el vecindario. El alcance es de 200 – 500 hogares por fibra óptica y servicios de 30 Mbit/s.

ILUSTRACIÓN 3 TIPOS DE REDES DE FIBRA



Fuente: HFC Tecnología [14]

Las redes FTTH son las que aportan mayores ventajas en términos de servicio, por lo que en este Trabajo Fin de Grado nos centraremos en este tipo de redes. Para poder ofrecer FTTH existen diversas soluciones tecnológicas, distinguiremos dos fundamentales:

1. PON (*Passive Optical Networks*): Se caracterizan fundamentalmente por ser redes pasivas, es decir, no tienen componentes electrónicos activos entre el usuario y la central.

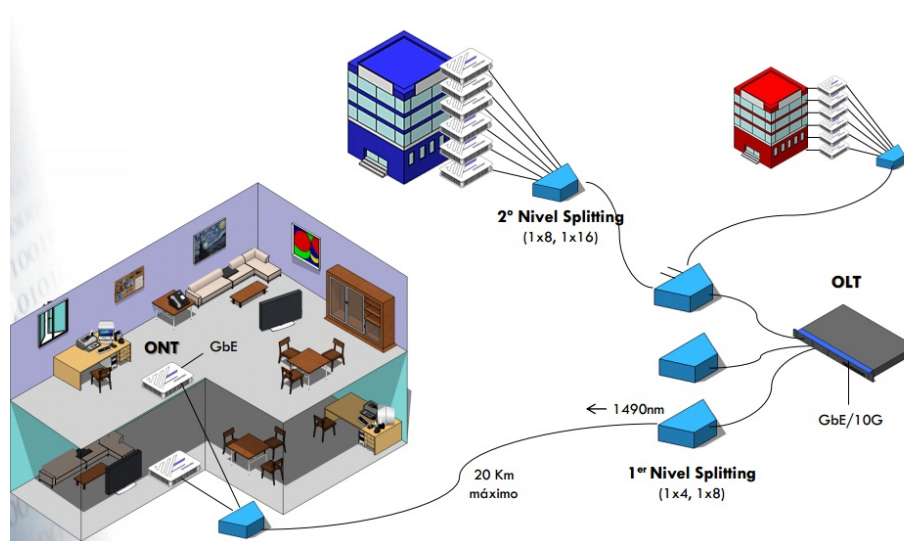
2. ASON (*Active Optical Networks*): Existen componentes electrónicos activos, tales como amplificadores, entre el usuario y central.

La selección de la tecnología y arquitectura a emplear dependerá de muchos factores (densidad de usuarios, competencia, servicios a ofrecer, etc). En nuestro caso nos centraremos en las redes PON, en especial en GPON (*Gigabit-capable Passive Optical Network*) y EPON (*Ethernet Passive Optical Network*) que son las que cuentan con despliegues masivos a nivel internacional. Los motivos son claros, al no requerir de equipamiento electrónico activo el coste de mantenimiento es muy reducido y no existe equipo intermedio que pueda fallar ni que consuma electricidad. Además, como veremos en profundidad, se trata de redes muy versátiles cuyos costes de inversión se pueden considerar reducidos si se comparan con los costes de explotación [15].

2.3.1 PON

La Red Óptica Pasiva es una tecnología de telecomunicaciones que implementa una arquitectura punto a multipunto, en la que los divisores de fibra óptica no alimentados se utilizan para permitir que una única fibra óptica sirva a múltiples clientes sin tener que suministrar fibras individuales entre el proveedor y el cliente.

ILUSTRACIÓN 4 RED PON



Fuente: Redes EPON y GPON [16]

Tal y como se muestra en la Figura 4, consiste en un terminal de línea óptica (OLT, *Optical Line Termination*) en la oficina central del proveedor de servicios (*hub*) y un número de unidades de red óptica (ONUs) o de terminales de red óptica (ONT), cerca de los usuarios finales. Un PON reduce la cantidad de fibra y equipos de oficina central requeridos en comparación con las arquitecturas punto a punto.

En la mayoría de los casos, las señales descendentes se transmiten a todos los locales compartiendo múltiples fibras. Por el contrario, las señales ascendentes se combinan usando un protocolo de acceso múltiple, normalmente acceso múltiple por división de tiempo. Las ventajas de las redes ópticas pasivas son:

- Aumento de la cobertura hasta los 20 Km (desde la central). Con tecnologías DSL como máximo se cubre hasta los 5,5 Km.
- Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario.
- Mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos.
- Minimización del despliegue de fibra óptica gracias a su topología.
- Reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento.
- Más baratas que las punto a punto.

2.3.2 GPON (ITU-T G.984)

En 1995 se formó FSAN (*Full Service Access Network*), grupo constituido por los principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo. El objetivo fue promover estándares para mejorar la interoperabilidad, pudiendo así reducir el coste del equipamiento de las redes de comunicaciones. Estas necesidades se transmitieron a la ITU-T para su estandarización en 2002, comenzándose a trabajar en el estándar en cuestión. Este estándar se incluye dentro del conjunto de recomendaciones ITU-T G.984.x, apareciendo las primeras recomendaciones en 2003 y 2004, aunque se siguen actualizando y apareciendo nuevas recomendaciones [17].

A pesar que ya existían redes basadas en PON como APON (*Asynchronous Passive Optical Network*) y BPON (*Broadband Optical Network*), no tuvieron un éxito destacable debido a que estaban basadas en ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) con el problema de costes y complejidad que supone. Como veremos más adelante, GPON sí

que tiene competencia con otros estándares PON, especialmente EPON (*Ethernet Passive Optical Network*).

Así, la llegada de GPON significó poder ofrecer mejores prestaciones a un coste mucho más reducido, consiguiendo además converger sobre una misma infraestructura los servicios de voz, datos y vídeo. GPON se basa en una velocidad de 2,5 Gbit/s en el canal de bajada y de 1,25 Gbit/s en el de subida con un alcance máximo de 20 Km. Estas velocidades son posibles gracias a la utilización de GEM (*GPON Encapsulation Method*), que se basa en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 microsegundos. Además, una de las características de las redes GPON es la capacidad de ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten. Esto se denomina DBA (*Dynamic Bandwidth Allocation*). Las partes fundamentales de las redes PON son:

- **OLT** (*Optical Line Terminal*): Se ubica en dependencias del operador. Es el equipo concentrador desde el que parten los enlaces hacia los usuarios. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno de los cuáles puede soportar varias ONT en función del nivel de división elegido por el operador (configuración de divisores, *splitters*).
- **ODN** (*Optical Distribution Network*): Está formada por fibras ópticas, *splitters* y empalmes.

2.3.3 EPON (IEEE 802.3)

La tecnología EPON (*Ethernet PON*), fue definida por el grupo EFM (*Ethernet First Mile*) del IEEE EPON, también llamado GEPON (*Gigabit Ethernet PON*) en 2004. Proporciona tasas de datos simétricas de 1 Gbit/s en dirección tanto de subida como bajada de datos. Una de las ventajas más importantes de EPON es el uso de protocolos de transporte Ethernet nativos, dado que la naturaleza asíncrona de Ethernet permite que los equipos de red sean mucho más baratos en comparación con los equipos en ATM (*Asynchronous Transfer Mode*).

EPON está basado en el estándar IEEE 802.3.ah [18], también denominado EFM (*Ethernet in the First Mille*). Algunas características a destacar son:

- Combina los protocolos de transporte Ethernet con topologías de redes PON punto a multipunto.
- Incluye mecanismos para la operación, administración y mantenimiento de redes.
- Soporta operación CoS (*Class of Service*) para transportes de datos sensitivos en tiempo, como por ejemplo el video donde las tramas deben entregarse en secuencia y a tiempo para prevenir fallos visibles.
- Soporta TDM usando servicios de emulación de circuitos.

2.3.4 GPON vs EPON

Mientras GPON es la tecnología utilizada normalmente en Europa y América, en Asia tiene mayor éxito EPON, sobre todo en Japón y Corea del Sur. Hay países como China o Hong Kong dónde se están utilizando ambas tecnologías.

EPON corresponde al estándar 802.3ah de 2004, definido por el IEEE en lugar de por la ITU-T. Mientras que GPON se basa en GEM, EPON se basa en Gigabit Ethernet, lo que permitió a los fabricantes de equipos EPON lanzar con mayor rapidez equipos a precios más competitivos que en el caso de GPON.

Existen varias ventajas de GPON sobre EPON:

- GPON tiene mayores prestaciones en cuanto a ancho de banda útil.
- Existen más garantías de evolución futura en GPON que en EPON.
- El grado de interoperabilidad en EPON es más reducido que en GPON.

Las ventajas de GPON sobre EPON son sustancialmente mejores, especialmente para los operadores, ver Tabla 2. De hecho, se está trabajando actualmente en varios desarrollos de redes PON para aumentar los anchos de banda de esta tecnología con total interoperabilidad y reutilización de la actual red instalada, algo similar a lo que ocurrió con el ADSL y que fue clave en el éxito de esta tecnología. Se trata de las tecnologías NGN-PON (*Next Generation PON*) como son XG-PON (hasta 10 Gbit/s simétricos) y WDM-PON (10 Gbit/s a mayores distancias que en GPON y XG-PON).

TABLA 2 COMPARATIVA CARACTERÍSTICAS DE GPON Y EPON

Características	ITU-T GPON	IEEE EPON
Tasa de bits (Mb/s)	Distribución: 2488, 1244 Retorno: 2488, 1244, 622, 155	Distribución: 1250 Retorno: 1250
Fecha de estandarización	2003	2004
Código de Línea	NRZ	8B/10B
División máxima	1:64	1:32
Alcance máximo	20 Km	10 Km
Protocolo básico	ATM	Ethernet
Estándar	Serie ITU-T G984.x	IEEE 802.3ah
Tecnología de acceso	TDMA	TDMA
Seguridad en <i>Downstream</i>	AES	No definida
OAM	PLOAM+OMCI	Ethernet OAM

Fuente: Universidad Tecnológica de Pereira, *Comparative Study of GPON and EPON Networks* [19]

Analizadas las cuestiones técnicas, abordamos ahora el entorno normativo y regulatorio dado que la intervención pública en el ámbito de las infraestructuras debe realizarse bajo condiciones de contorno definidas por las autoridades de competencia de la Comunidad Europea y de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

2.4 ENTORNO NORMATIVO Y REGULATORIO DE LOS MERCADOS DE ACCESO DE NUEVA GENERACIÓN DE REDES

La regulación del sector de las telecomunicaciones tiene un impacto determinante sobre las políticas de despliegue de infraestructuras de los operadores, sobre la competencia y sobre los precios de los servicios, afectando tanto a la oferta como a la demanda.

En la actualidad existe cierta inseguridad debido a que el entorno regulatorio se encuentra en proceso de redefinición y cambio, puesto que en el ámbito europeo y nacional se continúa trabajando en nuevos aspectos normativos y regulatorios que afectarán al desarrollo de las Redes de Nueva Generación (NGA). Se entiende por Redes de Nueva Generación de Acceso, NGAs, aquellas que proporcionan más de

24Mbit/s de descarga al usuario final, independientemente de la tecnología que utilicen [20].

La supervisión de toma de decisiones ralentiza, en lo que a inversiones se refiere, ya que los operadores de telecomunicaciones necesitan un apoyo jurídico lo suficientemente estable. Al mismo tiempo, son de relevante importancia los impactos de las políticas normativas regionales y locales sobre el despliegue de infraestructuras que los operadores deben realizar a lo largo del territorio. La cifra de penetración de la banda ancha fija presenta diferencias significativas desde el punto de vista geográfico. Estas diferencias se explican, entre otras razones, porque los operadores realizan sus inversiones y despliegues de red de un modo más intensivo en aquellas regiones más densamente pobladas, que permiten una mayor rentabilidad de las mismas.

2.4.1 ÁMBITO EUROPEO

En la década de los 90, la liberalización del mercado de las telecomunicaciones a la competencia en Europa tuvo un efecto drástico en el sector, puesto que hasta ese momento se encontraba reservado a monopolios y oligopolios. Como consecuencia de esta situación, las instancias responsables europeas crearon una legislación que intentó combinar el progreso tecnológico y las exigencias del nuevo mercado. Este progreso en la legislación se tradujo en la adopción en 2002 de un nuevo marco regulador de las comunicaciones electrónicas cuyo objetivo principal era controlar la competencia, ayudando a los nuevos operadores a entrar en el mercado, e incitar la inversión en este sector. Del Marco Regulador establecido cabe destacar los siguientes aspectos [21]:

- **Definición de los mercados.** La Autoridad Nacional de Regulación (ANR) ha de identificar qué mercados tienen poca competencia, a los que convendría aplicar una regulación *ex-ante*². Los criterios necesarios para un correcto análisis de estos mercados son:
 - Si hay barreras de entrada altas y permanentes (estructurales, legales o regulación).
 - Si se tiende hacia la competencia efectiva entre los operadores que estén actuando en el mercado que sea caso de estudio.

² Hablamos de regulación *ex-ante* cuando establecemos unas obligaciones *a priori* que han de cumplirse, ya sea fijar un precio máximo (*price cap*), u obligar a ceder las infraestructuras existente bien a un precio orientado a costes, bien con un descuento sobre el precio minorista (*retail minus*).

- Si las leyes de competencia son suficientes o si sería conveniente una regulación ex-ante.
- **Análisis de los Mercados.** La ANR ha de analizar el nivel de competencia que se da en los mercados que se han identificado.
- **Adopción de Soluciones.** Cuando la ANR encuentre que no hay suficiente competencia en un mercado y haya identificado qué operadores tienen peso significativo, puede imponerles obligaciones específicas o cambiar las obligaciones que ya estuviesen impuestas. La mencionada Directiva Marco define cómo ha de ser el proceso de análisis y consulta para la imposición de remedios de manera que sean consistentes con el Nuevo Marco Regulatorio y no afecten a otros aspectos de la competencia.

2.4.1.1 MARCO REGULATORIO 2002

Bajo la previsión de hacer más competitivo el sector de las telecomunicaciones, en 2002 se intentó refundir el marco regulador de las telecomunicaciones para conseguir un sector más competitivo. Estas reformas se llevan a cabo mediante la Directiva Marco y otras cuatro directivas específicas:

- **Directiva Marco:** Directiva 2002/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa a un marco regulador común de las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas [21].
- **Directiva de autorización:** Directiva 2002/20/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa a la autorización de redes y servicios de comunicaciones electrónicas [22].
- **Directiva acceso:** Directiva 2002/19/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa al acceso a las redes de comunicaciones electrónicas y recursos asociados, y a su interconexión [23].
- **Directiva servicio universal:** Directiva 2002/22/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, relativa al servicio universal y los derechos de los usuarios en relación con las redes y los servicios de comunicaciones electrónicas [24].
- **Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas:** Directiva 2002/58/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de julio de 2002,

relativa al tratamiento de los datos personales y a la protección de la intimidad en el sector de las comunicaciones electrónicas [25].

Además se debe mencionar las siguientes decisiones y directrices relevantes:

- **Decisión de espectro radioeléctrico:** Decisión (676/2002/CE) del Parlamento Europeo y del Consejo, de 7 de marzo de 2002, sobre un marco regulador de la política del espectro radioeléctrico en la Comunidad Europea [26].
- **Competencia de los mercados:** Directiva (2002/77/EC) sobre los servicios de comunicaciones electrónicas, que también se considera forma parte del paquete de directivas [27].
- **Decisión de líneas arrendadas:** Decisión (2003/548/CE) sobre el conjunto mínimo de líneas arrendadas con características armonizadas y las correspondientes normas a que se refiere el artículo 18 de la Directiva de servicio universal [28].
- **Decisión sobre el Grupo de Reguladores Europeos (ERG):** Decisión (2004/641/CE) para redes de comunicación electrónica y servicios que enmienda una Decisión anterior (2002/627/EC) [29].

Las principales características del marco regulatorio de 2002 se resumen en:

- **Poder Significativo en el Mercado (PSM):** se realiza un paralelismo entre el concepto de PSM³ de las telecomunicaciones y el de Dominancia del derecho de la competencia. De esta forma se eleva los requisitos para una regulación *ex-ante*, de manera que en las telecomunicaciones se tienda hacia una regulación *ex-post*⁴.
- **Alcance:** para que el tratamiento sea consistente, el alcance de las medidas regulatorias de cubrir todos los servicios y redes de comunicaciones electrónicas.
- **Entrada al mercado:** la entrada de los operadores al mercado se produce bajo un régimen de licencias, que cuando sea preciso puede estar combinado con derechos específicos sobre numeración y espectro.

³ Una empresa tiene **poder significativo en el mercado** si disfruta de una posición que permite que su comportamiento sea independiente de los competidores, los clientes y, en última instancia, los consumidores.

⁴ La regulación *ex-post* tiene lugar cuando se permite actuar al mercado sin regulación previa, los agentes negocian y acuerdan entre sí la manera de relacionarse y de darse acceso a las infraestructuras y el Estado se reserva el derecho a intervenir cuando se violen las reglas de la competencia.

- **Conservación o portabilidad de número:** además de la permanencia de número que existía en la telefonía fija, se ha introducido el mismo concepto en la telefonía móvil.
- **Servicio Universal:** Se ha incluido un procedimiento para examinar el cumplimiento de las obligaciones de servicio universal además de mientras tanto las obligaciones anteriores.

Tras el análisis de los puntos anteriores, se extrae la conclusión que la regulación ex-ante de 2002 es más sencilla para aquellos operadores que no tengan posición de dominio en el mercado, puesto que en general el marco de 2002 se inclina a que los controles sean ex-post.

Uno de los principales motivos de la creación del marco regulador fue la de simplificar la legislación, reduciendo el número de Directivas de unas treinta a tan solo cinco. El marco de 2002 no diferencia entre telefonía fija y móvil, sino entre operadores con PSM y sin PSM.

2.4.1.2 MARCO REGULATORIO DE 2007-2010

Se puede considerar que la transición hacia la normativa de 2007 se produce debido a las novedades referentes a:

- Recomendación 2007/879/CE, de 17 de diciembre de 2007 , relativa a los mercados de productos y servicios dentro del sector de las comunicaciones electrónicas que pueden ser objeto de regulación ex-ante de conformidad con la Directiva marco, que sustituyó a la antigua Recomendación 2003/311/CE y disminuyó la cantidad de mercados regulados [30].

Los principales puntos del desarrollo del nuevo marco fueron los siguientes:

- Se publica una propuesta de la Comisión de modificación del marco regulador de comunicaciones electrónicas y servicios de 2002 con fecha de 13 de noviembre de 2007 [31].
- Aprobación en septiembre de 2008 por el Parlamento Europeo de la propuesta de modificación mencionada. Dado que el Consejo de Ministros de la UE no estableció una postura concordante, se desemboca en diversas negociaciones

interinstitucionales que alcanzaron un compromiso común en marzo y abril de 2009.

- El Parlamento Europeo aprueba el nuevo “paquete telecom” el 5 de noviembre de 2009, ratificado en sesión plenaria el día 20 de noviembre de 2009 [32].

Los pilares de esta nueva reforma se resumen en:

- **Portabilidad en un día:** Los consumidores tendrán el derecho de cambiar de operador fijo o móvil en un día laborable, conservando el número.
- **Mejor información:** Bajo la nueva normativa los usuarios tendrán mejor información para garantizar que entienden bien a qué servicios se abonan y qué pueden hacer o no con dichos servicios.
- **Protección de los derechos de los usuarios relativos al acceso a Internet:** Cualquier medida que adopte un Estado Miembro sobre el acceso o el uso de servicios y aplicaciones en redes de telecomunicaciones ha de respetar los derechos y libertades fundamentales.
- **Nuevas garantías de un Internet abierto y más neutro:** La necesidad de garantizar que los usuarios europeos tengan una mayor elección de proveedores de servicios de internet.
- **Protección al usuario sobre violación de datos personales y Spam:** La protección de datos implica la seguridad de los nombres, direcciones de email e información bancaria de los usuarios y, sobre todo, se ha de evitar que, accidental o deliberadamente, caigan en manos incorrectas la información de cada llamada telefónica y sesión de Internet.
- **Mejor acceso a los servicios de emergencia, 112:** Se obliga a los operadores a pasar la información del lugar de llamada a los servicios de emergencia.
- **Las Autoridades Nacionales de Regulación tendrán mayor independencia:** La nueva normativa reforzará la independencia de las ANR eliminando cualquier interferencia en sus labores.
- **Nueva Autoridad de ámbito Europeo:** Facilitar una regulación más consistente de los mercados de telecomunicaciones.

La reforma crea la nueva Autoridad "ORECE" Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas, que en su acepción inglesa se conocerá como "BEREC" (*Body of European Regulators for Electronic Communications*) que sustituirá la cooperación informal del "European Regulators Group".

- **Supervisión de las regulaciones propuestas en los mercados de telecomunicaciones:** El nuevo Marco otorgará a la Comisión la capacidad jurídica de supervisar las regulaciones propuestas por las autoridades nacionales.
- **La separación funcional como mecanismo de superación de problemas de competencia:** Los reguladores nacionales podrán obligar a que los operadores de comunicaciones electrónicas que separen en compañías distintas las redes de comunicaciones de las actividades de prestación de servicios.

La separación funcional se puso en práctica en el Reino Unido en enero de 2006, provocando un importante crecimiento de las conexiones de banda ancha (de 100.000 líneas desagregadas en diciembre de 2005 a 5,5 millones tres años más tarde).

- **Acelerar el acceso de banda ancha de todos los europeos:** La reforma ayuda a solventar esta "división digital" mediante un mejor uso del espectro radioeléctrico, al hacerlo disponible para accesos sin hilos en zonas en las que sería muy costoso hacer infraestructuras de fibra óptica.
- **Reforma del paquete telecom:** El 16 de octubre de 2009 el Parlamento Europeo y el Consejo adoptan la reforma que permite que los operadores introduzcan nuevos servicios, comenzando por 3G y ampliándolos más adelante a otras tecnologías para operar en la banda de GSM, que había quedado reservada para servicios GSM exclusivamente.
- **Promover la competencia e inversión en redes de acceso de nueva generación:** Se logra la seguridad jurídica en las inversiones en redes de acceso de nueva generación (NGA). Estas redes, basadas principalmente en accesos de fibra óptica, sustituyen a las de pares de hilos de cobre, que son menos eficaces y no pueden ofrecer tanto ancho de banda. La reforma del marco regulatorio reafirma la importancia de la competencia a la vez que incentiva la inversión, al tener en cuenta los riesgos de la inversiones en NGA y prever nuevos acuerdos entre inversores y operadores.

2.4.1.3 MARCO REGULATORIO 2010-2016

Las últimas modificaciones relevantes en el marco normativo se aprobaron el 5 de noviembre de 2009 (actualización del marco original de 2002 mediante las directivas 2009/136/CE y 2009/140/CE) [33] [34], que establecían junio de 2011 como fecha límite para su aplicación en los estados miembros. Entre los hitos afectados por la

reforma, los más importantes son la inclusión de nuevas garantías para disponer de un Internet abierto y más neutro, la intención de acelerar el acceso de banda ancha de todos los europeos y la promoción de la competencia e inversión en redes de acceso de nueva generación.

Consecutivamente, se pueden considerar relevantes la Recomendación 2010/572/UE de la Comisión, de 20 de septiembre de 2010, relativa al acceso regulado a las redes de acceso de nueva generación (NGA) [35] y las Directrices (2013/C 25/01) de la Unión Europea para la aplicación de las normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha [36].

Estas directrices resumen los principios de la política de la Comisión respecto a la aplicación de las normas sobre ayudas estatales a las medidas que apoyen el despliegue de redes de banda ancha en general. También matizan la aplicación de estos principios al evaluar las medidas de apoyo al rápido despliegue de la banda ancha básica y de redes de acceso de nueva generación de muy alta velocidad. Los cambios respecto a las anteriores directrices de 2009 se centran en los siguientes principios y prioridades:

- **Neutralidad tecnológica:** Las nuevas directrices tienen en cuenta los avances tecnológicos, reconociendo que las redes ultrarrápidas pueden basarse en diferentes plataformas tecnológicas.
- **Redes de banda ancha ultrarrápida:** Para ayudar a conseguir el objetivo de la Agenda Digital que marca que la mitad de europeos deben estar abonados a conexiones de más de 100 Mbit/s en 2020.
- **Aumento sustancial en la conectividad:** Con el fin de proteger al inversor privado, las directrices requieren que cualquier subvención pública deba producir un cambio significativo en el estado de las redes. Es decir, sólo se permitirá financiar infraestructuras con fondos públicos si proporcionan una mejora sustancial sobre las redes existentes.
- **Refuerzo del acceso abierto:** Es justo que el ciudadano se beneficie de una red realmente abierta que garantice la competencia cuando se realice la inversión con dinero de los contribuyentes.

- **Transparencia:** La obligación de publicación de documentación, una base de datos de infraestructuras centralizada y obligaciones de reportes ex-post a la Comisión.

Además es necesario mencionar las siguientes modificaciones, analizando la normativa europea relevante al despliegue de banda ancha, cabe mencionar 3 acuerdos especialmente relevantes para el despliegue de infraestructura de banda ancha, a continuación se realiza un breve resumen de cada una de ellas:

- **Directrices (2013/C 25/01):** Para la aplicación de las normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha [36].

Estas directrices explican cómo los Estados miembros pueden decidir libremente qué forma adoptan sus intervenciones en banda ancha, siempre que se ajuste a las normas sobre ayuda estatal. En algunos casos, los Estados miembros pueden decidir financiar las denominadas redes de acceso de nueva generación (NGA), es decir, redes de apoyo que no llegan al usuario final. Estas directrices contemplan:

- a) **Mapa detallado y análisis de la cobertura:** Identificar claramente qué zonas geográficas estarán cubiertas por la medida de apoyo, siempre que sea posible en cooperación con los organismos nacionales competentes.
- b) **Consulta pública:** Los miembros deben dar una publicidad adecuada a las principales características de la medida y a la lista de zonas objetivo mediante la publicación de la información relevante del proyecto e invitando a la presentación de observaciones.
- c) **Procedimiento de selección competitiva:** Cuando las autoridades adjudicadoras seleccionen un operador tercero para desplegar y explotar la infraestructura subvencionada, el proceso de selección se realizará ateniéndose al espíritu y a los principios de las Directivas de la UE.
- d) **Oferta económicamente más ventajosa:** El organismo que concede la ayuda establecerá criterios que deberá cumplir el adjudicatario y que tienen que ser ponderados en relación con el importe de la ayuda solicitada.

e) **Neutralidad tecnológica:** Como existen diferentes soluciones tecnológicas para prestar servicios de banda ancha, la licitación no deberá favorecer ni excluir a ninguna tecnología o plataforma de red particulares.

f) **Utilización de infraestructuras existentes:** Dado que la reutilización de las infraestructuras existentes es uno de los principales factores determinantes de los costes de despliegue de la banda ancha.

g) **Acceso mayorista:** Permite a operadores terceros competir con el licitador elegido (cuando éste también actúe a nivel minorista), reforzando con ello la oferta y la competencia en las zonas afectadas por la medida y evitando, al mismo tiempo, la creación de servicios regionales monopolísticos.

- **Directiva (2014/61/UE):** Relativa a medidas para reducir el coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad [37].

Esta Directiva pretende facilitar e incentivar el despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad fomentando la utilización conjunta de las infraestructuras físicas existentes y el despliegue más eficiente de otras nuevas, de manera que resulte posible desplegar dichas redes a un menor coste. Por este motivo, se establecen los requisitos mínimos aplicables a las obras civiles e infraestructuras físicas, con vistas a la aproximación de determinados aspectos de las disposiciones legislativas, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en esos ámbitos.

Los Estados miembros podrán mantener o introducir medidas conformes con el Derecho de la Unión que superen los requisitos mínimos establecidos por la presente Directiva a fin de alcanzar mejor sus objetivos. No obstante, si las disposiciones de la Directiva entraran en conflicto con las Directivas que constituyen el marco regulador sectorial (Directivas Marco, Acceso, Servicio Universal, Autorización y Protección de Datos), prevalecerán las disposiciones correspondientes de dichas Directivas sectoriales.

- **Reglamento 651/2014 de la Comisión:** Por el que se declaran determinadas categorías de ayudas compatibles con el mercado interior en aplicación de los artículos 107 y 108 del Tratado [38].

Estas nuevas categorías de ayudas incluyen las destinadas a las ayudas a las infraestructuras de banda ancha, reconociendo que desempeñan un importante papel en las economías nacionales y, en general, repercuten de forma especialmente positiva en el desarrollo regional.

En su Artículo 4 se establecen umbrales de notificación por encima de los cuales el Reglamento no se aplica, y por lo tanto es necesaria la notificación. En el caso de infraestructuras de banda ancha dicho umbral se establece en 70 millones de euros.

La sección 10 del Reglamento se concentra en describir en las ayudas para infraestructuras de banda ancha, indicando que dichas ayudas quedarán exentas de la obligación de notificación, detallando así mismo qué costes son subvencionables y estableciendo las condiciones en que se pueden otorgar dichas ayudas.

2.4.1.4 AGENDA DIGITAL EUROPEA 2020

En el contexto de la crisis financiera que tiene lugar desde 2008, se pone de manifiesto ciertas debilidades estructurales en la economía europea que necesitan ser cubiertas por la estrategia “Europa 2020”. Dentro de los objetivos fijados de empleo, productividad y cohesión social se encuentra la estrategia digital [39].

En 2010 la Comisión Europea propone una Agenda Digital cuyo principal objetivo es desarrollar un mercado único digital para guiar a Europa hacia un crecimiento inteligente, sostenible e integrador.

Los retos ante los que se enfrenta la agenda se pueden agrupar en:

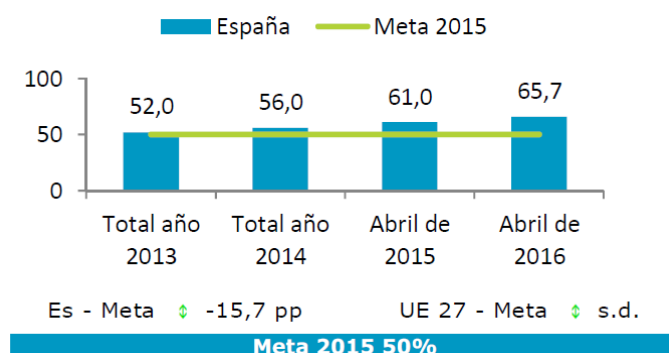
- La fragmentación de los mercados digitales.
- La falta de interoperabilidad.
- El incremento de la ciberdelincuencia y el riesgo de escasa confianza en las redes.
- La ausencia de inversión en las redes.
- La insuficiencia de los esfuerzos de investigación e innovación.
- Las carencias en la alfabetización y la capacitación digitales.
- La pérdida de oportunidades para afrontar los retos sociales.

Para el logro de estos objetivos, la Agenda Digital para Europa establece siete pilares básicos sobre los que las políticas públicas deben actuar:

- Pilar 1: Un Mercado Único Digital y Dinámico.
- Pilar 2: Interoperabilidad y Normas.
- Pilar 3: Confianza y Seguridad.
- Pilar 4: Acceso Rápido.
- Pilar 5: Investigación e Innovación.
- Pilar 6: Fomento de la alfabetización, la capacitación y la inclusión digitales.
- Pilar 7: Beneficios de las TIC para la sociedad de la Unión Europea.

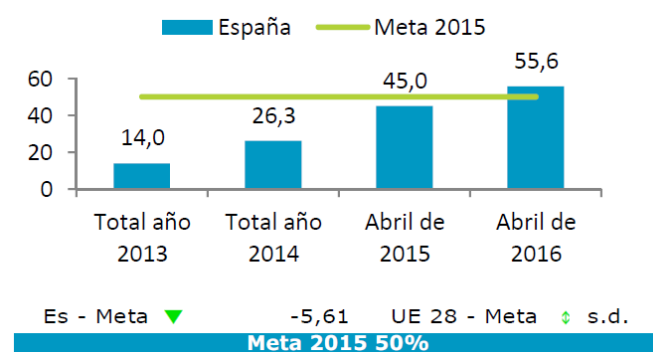
En base a estos pilares, se diseñan las políticas necesarias para lograr que España consiga los objetivos de la Agenda Digital para Europa, teniendo en cuenta la situación de España en materia TIC y su posición respecto al resto de países del entorno.

GRÁFICA 1 PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON COBERTURA SUPERIOR A LOS 100 MBIT/S



Fuente: Indicadores destacados de la Sociedad de la Información en España (diciembre 2016) [40]

GRÁFICA 2 PORCENTAJE DE POBLACIÓN CON COBERTURA DE FIBRA ÓPTICA HASTA EL HOGAR



Fuente: Indicadores destacados de la Sociedad de la Información en España (diciembre 2016) [40]

En relación al cumplimiento del primer objetivo, “Fomentar el despliegue de redes y servicios para garantizar la conectividad digital”, se puede comprobar en la Gráfica 1 como España ha logrado llegar a la meta prevista por la Unión Europea superando el 50% de hogares conectados con cobertura superior a los 100 Mbits/s.

Analizando la cobertura de las redes de telecomunicaciones por tecnología, se comprueba cómo los operadores están apostando claramente por la fibra óptica, de esta forma, los objetivos planteados en la Agenda Digital para España referentes a la cobertura del 50% de redes por tecnología FTTH ya se habrían cumplido tal y como se muestra en la Gráfica 2 que compara los últimos cuatro años.

2.4.2 ÁMBITO NACIONAL

En España la regulación de las Telecomunicaciones se encuentra regulada por la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC) que es el organismo encargado de preservar, garantizar y promover el correcto funcionamiento, la transparencia y la existencia de una competencia efectiva en todos los mercados y sectores productivos en beneficio de los consumidores y usuarios.

La CNMC se crea en 2013 a partir de la integración de los organismos: Comisión Nacional de la Competencia, Comisión Nacional de Energía, Comisión Nacional del Sector Postal, Consejo Estatal de Medios Audiovisuales, Comité de Regulación Ferroviaria y Aeroportuaria y Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones.

La agrupación de los organismos anteriormente mencionados se realiza para alcanzar una supervisión más eficaz, bajo un prisma más coherente e integrado, con autoridades de supervisión ex-ante y ex-post, permitiendo combinar el conocimiento y los instrumentos para mejorar la supervisión. Además, se pretende evitar un marco institucional demasiado complejo, buscando una simplificación que evite duplicidades de funciones y fallos en la seguridad jurídica e institucional. Por otro lado, el ahorro financiero que supone la fusión también es un objetivo importante a tener en cuenta en el contexto económico.

A continuación se realiza una síntesis del marco normativo nacional al que se ajusta el mercado de acceso de nueva generación de redes.

2.4.2.1 REAL DECRETO 346/2011

En este real decreto se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones.

En cuanto al objeto del reglamento aprobado por el Real Decreto 346/2011 [41], se garantiza el derecho de los ciudadanos a acceder a las diferentes ofertas de nuevos servicios de telecomunicaciones, eliminando los obstáculos que les impidan poder contratar libremente los servicios de telecomunicaciones que deseen, así como garantizar una competencia efectiva entre los operadores, asegurando que disponen de igualdad de oportunidades para hacer llegar sus servicios hasta sus clientes.

A su vez se contempla la utilización de procedimientos electrónicos para cumplir las exigencias de presentación de proyectos de infraestructuras comunes de telecomunicaciones, así como de boletines de instalación y certificaciones de fin de obra, en la concesión de los permisos de construcción y de primera ocupación de las viviendas garantizan una mayor agilidad en el acceso de los usuarios a los nuevos servicios que proporciona la sociedad de la información.

Además, se contribuye a la recuperación económica y fomento del empleo mediante la rehabilitación de viviendas que incluyan infraestructuras de telecomunicación que permitan el acceso a Internet y a los servicios de televisión digital. Se incide en la necesidad de que las infraestructuras de telecomunicaciones de las edificaciones sean diseñadas de forma tal, que resulte sencilla su evolución y adaptación contribuyendo al proceso de acercamiento de las viviendas al concepto de hogar digital, y a la obtención de los beneficios que éste proporciona a sus usuarios: mayor seguridad, ahorro y eficiencia energética, accesibilidad, etc.

Finalmente, se establece una serie de obligaciones sobre el uso común de infraestructuras de telecomunicaciones, con el fin de evitar la proliferación de sistemas individuales, limitando la instalación de aquéllos a los casos en que no exista infraestructura común de acceso a los servicios de telecomunicación.

2.4.2.2 LEY GENERAL DE TELECOMUNICACIONES, LEY 9/2014, DE 9 DE MAYO

La nueva LGT se fundamenta en cuatro criterios: liberalización del sector, libre competencia, recuperación de la unidad del mercado y reducción de cargas administrativas. Los dos últimos criterios mencionados se centran en promover el despliegue de nuevas redes de comunicaciones a los operadores para poder ofrecer a los usuarios mejores servicios con una mayor calidad y cobertura territorial. Además se debe conseguir a unos precios más competitivos, con el propósito de potenciar la productividad de la economía española en su conjunto, tal y como se refleja en los objetivos de la Agenda Digital para Europa.

Las principales novedades de la Ley 9/2014 [42] en lo relativo al despliegue de redes de nueva generación son:

- **Las Administraciones Públicas sólo podrán explotar redes y prestar servicios de telecomunicaciones a terceros a través de operadores:** Estos operadores deberán facilitar a los demás operadores el acceso y el uso compartido a las infraestructuras y recursos asociados utilizados por ellos para la instalación y explotación de redes de comunicaciones electrónicas en condiciones neutrales, objetivas, transparentes, equitativas y no discriminatorias (art. 9) y tendrán que adaptarse a las nuevas exigencias en el plazo de un año.
- **Reconocimiento expreso a los operadores del derecho de acceso a infraestructuras de administraciones públicas y a infraestructuras lineales:** En el artículo 37 de la Ley 9/2014 se impone a las entidades o sociedades gestoras de infraestructuras estatales, autonómicas o locales así como a las beneficiarias de expropiaciones forzosas, la obligación de facilitar a los operadores el acceso a los elementos o partes de dichas infraestructuras que sean susceptibles de ser utilizados para el despliegue de redes públicas de comunicaciones electrónicas (p.ej. tubos, postes, conductos, cajas, cámaras, armarios), siempre que dicho acceso no comprometa la continuidad y seguridad de la prestación de los servicios que en dichas infraestructuras realiza su titular.

- **Universalización de la banda ancha ultrarrápida:** La disposición adicional decimoctava de la Ley prevé el establecimiento de una Estrategia Nacional de Redes Ultrarrápidas que tenga como objetivo impulsar el despliegue de redes de acceso ultrarrápido a la banda ancha, tanto fijo como móvil, de cara a lograr su universalización, así como fomentar su adopción por ciudadanos, empresas y administraciones, para garantizar la cohesión social y territorial.

Se persigue adoptar las medidas precisas para alcanzar los objetivos concretos de cobertura y adopción establecidos por la Agenda Digital para Europa e incorporados a la Agenda Digital para España y, en particular, para lograr la universalización de una conexión que permita comunicaciones de datos de banda ancha que se extenderá progresivamente, de forma que en el año 2017 alcanzará una velocidad mínima de Internet de 10 Mbit/s y antes de finalizar el año 2020 alcanzará a todos los usuarios a una velocidad mínima de Internet de 30 Mbit/s, y que al menos el 50% de los hogares puedan disponer de acceso a servicios de velocidades superiores a 100 Mbit/s.

2.4.2.3 REAL DECRETO 462/2015

Este Real Decreto tiene por objeto regular los instrumentos y procedimientos de coordinación entre diferentes Administraciones Públicas en materia de ayudas públicas dirigidas a favorecer el impulso de la sociedad de la información mediante el fomento de la oferta y disponibilidad de redes de banda ancha [43].

Estos instrumentos y procedimientos tienen también por objeto el facilitar el cumplimiento por parte de las Administraciones públicas que pretendan conceder ayudas mencionadas en el apartado anterior de las Directrices de la Unión Europea para la aplicación de las normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha, que figuran en la Comunicación de la Comisión Europea 2013/C 25/01.

La Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información debe elaborar un mapa de cobertura que permita el diseño de medidas de ayuda a que se refiere el RD 462/2015 por las distintas Administraciones públicas y la identificación de las zonas susceptibles de actuación, conforme a las Directrices de la Unión Europea.

Para la identificación de las zonas susceptibles de actuación, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información realizará una

consulta pública, dirigida a los agentes directamente interesados y, en particular, a las administraciones públicas y a la CNMC.

El informe de la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones se pronunciará sobre la compatibilidad de la ayuda con el mapa de cobertura de banda ancha estatal elaborado por la propia Secretaría de Estado así como, en su caso, sobre la adecuación de la ayuda a las condiciones establecidas en las Directrices de la Unión Europea, incorporándose al informe los requisitos relativos a la fijación de los precios y condiciones de acceso mayorista comunicados por la CNMC.

2.4.2.4 REAL DECRETO 330/2016

Con la aprobación de esta norma se persigue la reducción de los costes de despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad.

Según datos de la Comisión Europea, los trabajos de obra civil, ascienden como media en la Unión Europea a un 80% del coste total del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas [44].

La reducción de dichos costes esta llamada a provocar un mayor y más rápido despliegue de dichas redes y con ello la mejora de la calidad y el precio de los servicios y aplicaciones que se prestan sobre las nuevas redes, contribuyendo de este modo al cumplimiento de los objetivos marcados en la Agenda Digital para Europa.

Mediante el presente Real Decreto se desarrollan determinados artículos de la Ley General de Telecomunicaciones, dirigidos a facilitar el despliegue de redes, para que los operadores que instalan o explotan redes de comunicaciones electrónicas puedan ofrecer a los usuarios servicios más innovadores, de mayor calidad y cobertura, a precios competitivos y con mejores condiciones.

2.4.2.5 OFERTAS MAYORISTAS

Estas ofertas determinan una de las principales herramientas de regulación a nivel nacional dado que proporcionan los parámetros de una oferta común para operadores de manera no discriminatoria (precios, plazos, parámetros de calidad, obligación de proporcionar información, contratos tipos, procedimientos, etc.).

Entre estas obligaciones, está la de que la operadora Telefónica debe alquilar su red al resto de operadores para que estos puedan dar servicios de banda ancha a sus

clientes. Los precios y las condiciones de este alquiler están contemplados en las ofertas mayoristas que regula la CNMC:

- La posibilidad de que los operadores alternativos pueden desagregar el bucle de abonado o contratar un acceso indirecto a la red de Telefónica mediante la OBA (Oferta de Acceso al Bucle de Abonado) y NEBA (Nuevo servicio Ethernet de Banda Ancha).
- Regular las condiciones de las líneas alquiladas de Telefónica, las que sirven para conectar, con un ancho de banda garantizado y simétrico, sus redes troncales con el domicilio de sus usuarios finales.

La aprobación de la NEBA tiene lugar en noviembre de 2011 por parte de la CNMC. Este servicio permite la existencia de una oferta mayorista en acceso indirecto sobre cobre o fibra óptica en zonas que no son atractivas para los operadores por motivos económicos.

En febrero de 2016, y tras un proceso de consultas públicas en 2014 y 2015, la CNMC aprueba la regulación que se aplicará durante los próximos años en los mercados de la banda ancha, en concreto la nueva regulación mayorista de los mercados de 3a (mercado de acceso directo), 3b (mercado de acceso indirecto residencial) y 4 (mercado de acceso indirecto en el segmento empresarial) de la Recomendación de Mercados de la Comisión Europea [45].

Gracias a los datos de junio de 2015, la CNMC ha detectado la existencia de 66 municipios en los que hay competencia en redes de nueva generación (NGA). En estos municipios, que equivalen al 35% de la población española, Telefónica no tendrá obligaciones para su red de fibra óptica. Pero sí que se mantiene en el resto del país la obligación sobre la red de cobre y sobre las infraestructuras de obra civil de Telefónica.

2.4.2.6 AGENDA DIGITAL PARA ESPAÑA

La Agenda Digital para España se aprueba por el Consejo de Ministros el 15 de febrero de 2013, en la cual se contempla la hoja de ruta en materia de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) y de Administración electrónica para el cumplimiento de los objetivos de la Agenda Digital para Europa en 2015 y 2020 [46].

Para cumplir los objetivos contemplados en el marco de la Agenda Digital se ponen marcha ocho planes específicos que parten de un estudio detallado de la situación de partida y el análisis de las consecuencias de las distintas alternativas de actuación de forma que se seleccionan las medidas a tomar. Los siete primeros planes se ponen en marcha en junio de 2013, mientras que el de Servicios Públicos Digitales, se presenta en junio del año siguiente. Por último, en marzo de 2015, se publica el Plan Nacional de Ciudades Inteligentes.

Este proceso persigue llevar a cabo los siguientes objetivos específicos:

- Fomentar el despliegue de redes y servicios para garantizar la conectividad digital. Se desea disponer de infraestructuras y servicios para el desarrollo de una verdadera sociedad y economía digital.
- El desarrollo de la economía digital para el crecimiento, la competitividad y la internacionalización de la empresa española.
- Prestación eficiente de los servicios públicos mediante la mejora de la e-Administración y adopción de soluciones digitales.
- Promover el entorno digital para proporcionar seguridad a los ciudadanos.
- Impulsar el sistema de I+D+i en las TICs para poder responder a las necesidades de la industria y el contexto digital.
- Apostar por la inclusión y alfabetización digital con la formación de nuevos profesionales TIC.

3. ANÁLISIS DEL DESPLIEGUE DE FTTH EN ESPAÑA

En este capítulo se estudia la situación de España en el entorno europeo en los despliegues de fibra óptica, realizando en primer lugar un análisis global de la situación de Europa y España dentro de la Unión Europea. Después se detalla el estado de España en cuanto a tecnologías desplegadas de banda ancha, número de líneas, impacto económico y se concluye con un análisis de los estándares desplegados y su visión de futuro.

3.1 ESPAÑA EN EL ENTORNO EUROPEO

Las perspectivas para el sector de las telecomunicaciones son favorables dado que la situación de crecimiento del 1,9% en el PIB real de la UE en 2015 y la estabilización de este crecimiento en 2016 favorecen al optimismo acerca de las inversiones en el sector.

La accesibilidad a la banda ancha es uno de los factores de la recuperación económica europea dado el proceso de crecimiento exponencial tecnológico que vivimos y la transformación del día a día que supone el uso de las nuevas tecnologías.

Según Eurostat⁵, el 67% de los ciudadanos europeos se conecta de forma diaria a Internet para fines como búsqueda de información, uso de redes sociales, búsqueda de empleo y llamadas online [47].

Se puede contextualizar la situación actual como el cambio producido por una cuarta revolución industrial. La impresión 3D, el uso de la nube, la realidad virtual, el Internet de las cosas y el tráfico generado por las personas en forma de vídeos generan un entorno en el que es propicio un crecimiento económico.

En este entorno, Europa se enfrenta a importantes desafíos tecnológicos que deben ser controlados mediante la estandarización e interoperabilidad del sector. La Estrategia Digital Europea, publicada en 2015 [48], es una de las herramientas de la Comisión Europea para fomentar la conectividad mediante el despliegue de nuevas redes de telecomunicaciones que faciliten al usuario accesos de calidad.

⁵ Eurostat es la Oficina estadística de las Comunidades Europeas que produce datos sobre la Unión Europea y promueve la armonización de los métodos estadísticos de los estados miembros.

En septiembre de 2016, la Comisión Europea establece que en 2025 se deberá cumplir [49]:

- Una conectividad simétrica a velocidad de 1 Gbit/s en sitios públicos o zonas industriales.
- La cobertura 5G debe ser ininterrumpida en los núcleos urbanos y vías de transporte principales.
- Todos los hogares dispongan de Internet de al menos 100 Mbit/s de velocidad tanto en áreas rurales como urbanas.

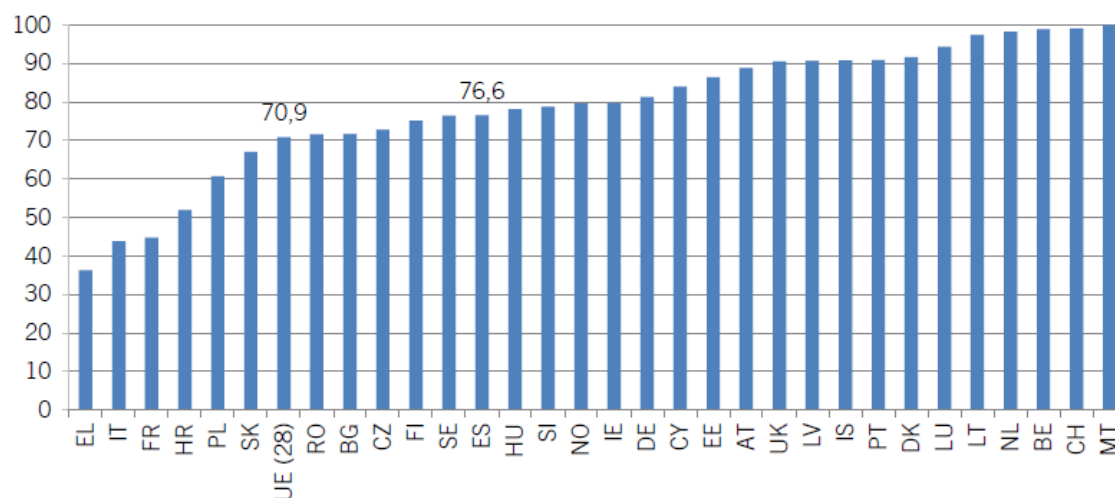
Para comprobar si España se está ajustando a los hitos establecidos por CE se realiza en el siguiente apartado un esbozo de la situación de las redes desplegadas.

3.1.1 COMPARATIVA DE ESPAÑA CON EL RESTO DE LA UE

En España se ha producido un crecimiento de la cobertura de las redes fijas de Nueva Generación tal y como se muestra en la Gráfica 3. En 2015 se establece un 76,6% de cobertura, lo que supone superar la media europea establecida en el 70,9%.

En nuestro país, las redes fijas más importantes del despliegue de nueva generación son las redes FTTH dado que en 2015 se tiene 22,8 millones de accesos instalados y 2,7 millones en servicio [50].

GRÁFICA 3 COBERTURA DE LAS REDES FIJAS DE NUEVA GENERACIÓN SOBRE LOS HOGARES (%), JULIO DE 2015



Fuente: European Digital Agenda Scoreboard, Comisión Europea [50]

En España se han tomado las medidas necesarias para posibilitar el despliegue de estas redes. La actuación regulatoria de la CNMC en 2009 bajo la oferta de referencia MARCo⁶ [51], permite a los operadores el acceso a las canalizaciones y conductos de Telefónica para favorecer la opción de despliegue de sus propias redes de fibra óptica utilizando la misma infraestructura que la del operador con poder significativo en el mercado. Al mismo tiempo, los propios operadores han realizado acuerdos voluntarios de compartición de infraestructuras y de inversión en conjunto.

La última medida que ha tenido lugar ha sido en septiembre de 2016 con la aprobación del Real Decreto 330/2016 [44]. Estas medidas están relacionadas con la reducción del coste del despliegue de las redes de comunicaciones electrónicas de alta velocidad bajo la regulación del derecho de acceso de las operadoras de redes públicas de comunicación electrónica a algunas infraestructuras físicas.

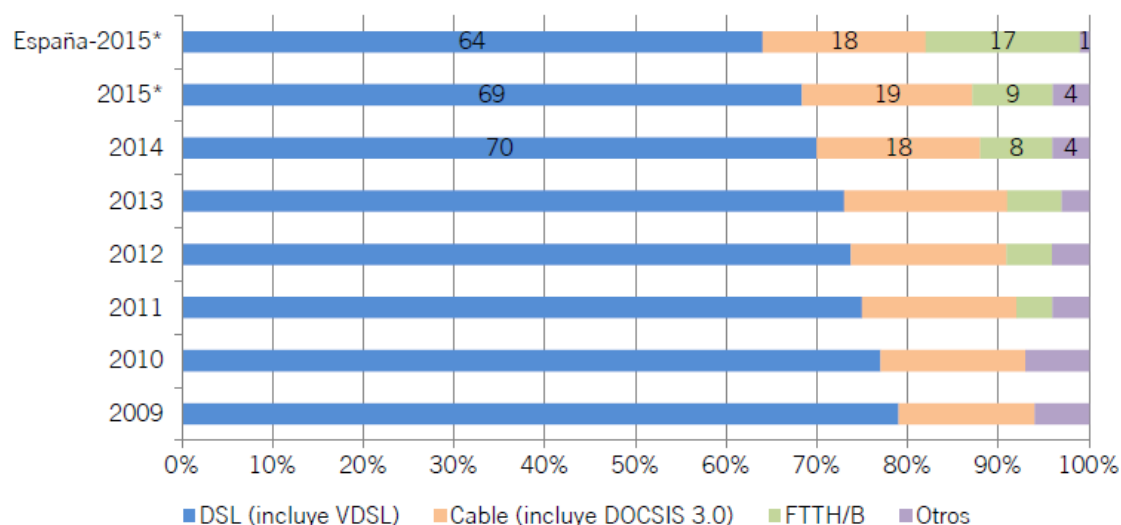
Existen tres tipos de redes para dar la mayoría de los servicios de banda ancha fija, estos se comparan en la Gráfica 4 donde se observa como cada año incrementa progresivamente el uso de redes de fibra:

- La red tradicional de cobre (estándares xDSL) que supone el 64% de las líneas de banda ancha en España y hasta el 69% en la Unión Europea.
- Las redes de cable (casi todas ellas con el estándar DOCSIS 3.0) que representan el 18% de las líneas de banda ancha españolas y el 19% europeas.
- Las redes de fibra (FTTH y FTTN/C) que supone un 17% de las líneas de banda ancha activas en España y un 9% en la UE.

Además, según datos de la Comisión Europea, sólo un 35,1% de las líneas de banda ancha fija europeas en 2015 eran NGA activas, tal y como se muestra en la Gráfica 5, pese a que la cobertura de las mismas superaba el 70%. En el caso de España, se tienen datos similares, un 38,7% de líneas NGA activas sobre el 76,6% de la cobertura existente.

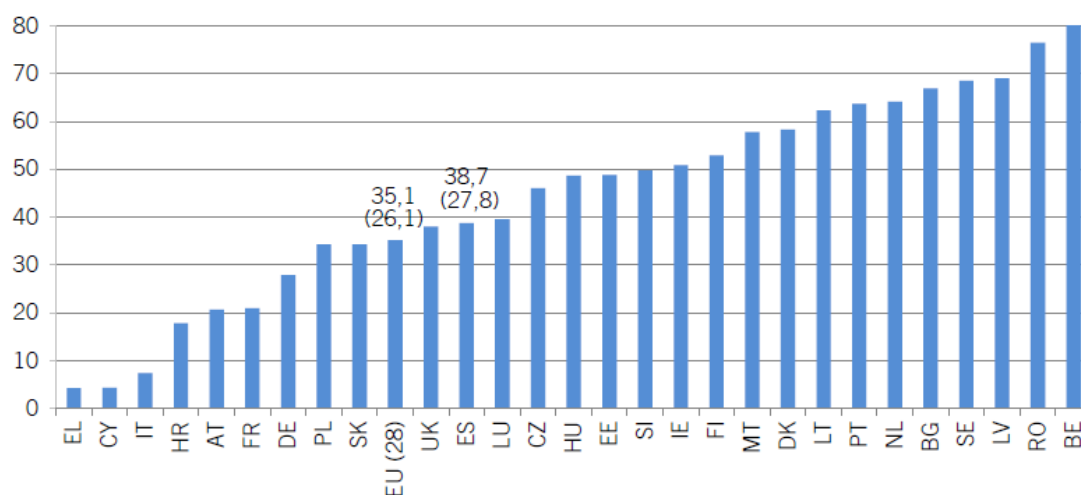
⁶ La oferta **MARCo** recoge un conjunto de servicios, con sus respectivas condiciones técnicas y económicas, que Telefónica debe prestar al resto de operadores para facilitarles el acceso a sus infraestructuras de obra civil (conductos, registros, arquetas y postes) y permitirles el despliegue de sus propias redes de fibra óptica.

GRÁFICA 4 LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA POR TECNOLOGÍA EN LA UE Y EN ESPAÑA (% SOBRE TOTAL DE LÍNEAS), JULIO DE 2015



Fuente: European Digital Agenda Scoreboard, Comisión Europea [50]

GRÁFICA 5 LÍNEAS DE NUEVA GENERACIÓN ACTIVAS SOBRE TOTAL LÍNEAS DE BANDA ANCHA FIJA (% Y ENTRE PARÉNTESIS TASA DE CRECIMIENTO INTERANUAL), JULIO DE 2015



Fuente: European Digital Agenda Scoreboard, Comisión Europea [50]

De las dos gráficas anteriores, Gráficas 4 y 5, se extrae como conclusión que en el último año el mercado de las redes DSL y de cable ha sufrido pérdidas derivadas del crecimiento de las redes FTTH.

Pero además, cabe destacar que el conjunto de líneas de xDSL disminuye a la par que los clientes se decantan por ofertas de mayor velocidad y los operadores apuestan por redes FTTH debido al reducido coste en comparación con las otras.

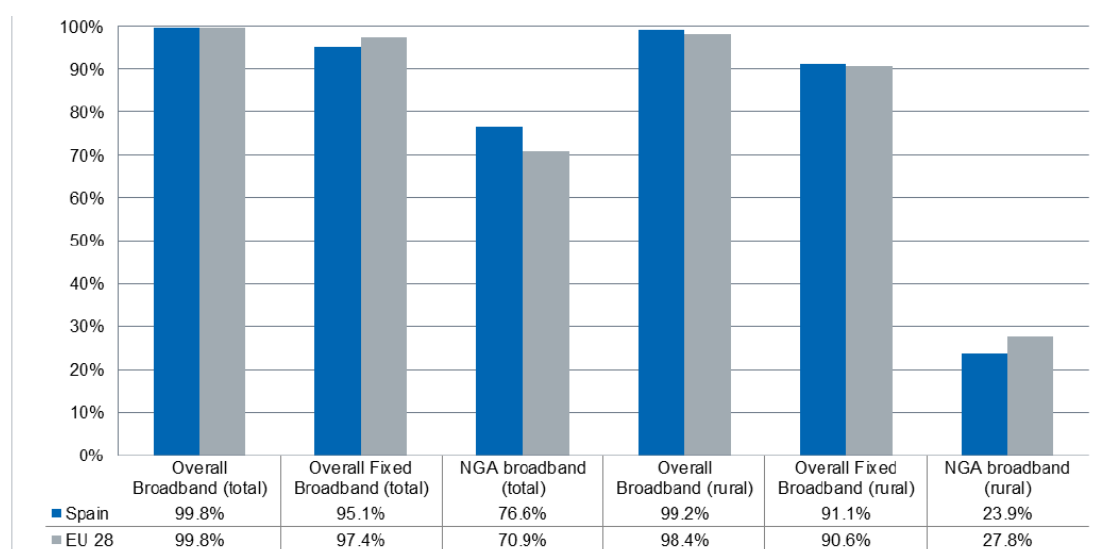
Por último mencionar que en España se mantiene una tendencia en los operadores a apostar por tecnologías NGA ofreciendo unas tarifas a los usuarios con un precio final semejante a las tarifas ofrecidas con redes xDSL, lo que está dando lugar a migración de clientes a redes NGA.

3.1.2 DESPLIEGUES DE NGA EN ZONAS RURALES EN ESPAÑA RESPECTO A EUROPA

La cobertura de NGA en España se encuentra en el 76,3%, casi 6 puntos porcentuales por encima de la media europea, ver Gráfica 6. Sin embargo, el progreso en los despliegues de NGA fue más lento en las zonas rurales, donde la cobertura de NGA aumentó sólo 0.5 puntos porcentuales alcanzando el 23.9%, casi cuatro puntos porcentuales por debajo de la media europea de 27.8%. Esta diferenciación por regiones se centra en un liderazgo de NGA en el norte y zonas costeras, al contrario que en el caso de las islas.

Para solucionar esta desigualdad, los operadores de redes españolas han tenido acceso a las ayudas FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) y han realizado acuerdos de cooperación entre ellos para reducir los costes de despliegue [52].

GRÁFICA 6 COBERTURA POR TECNOLOGÍA EN ESPAÑA Y LA UE, 2015



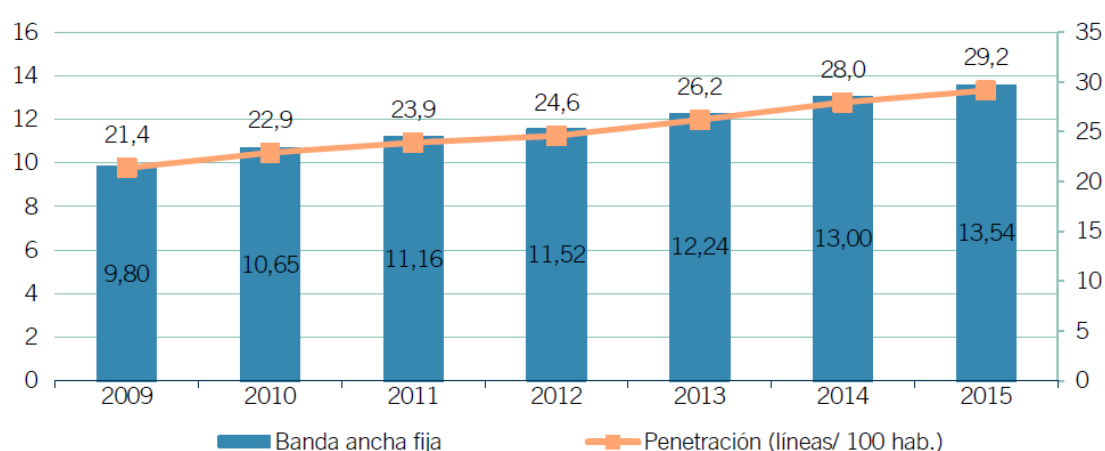
Fuente: Broadband Coverage in Europe 2015, European Commission [52]

3.2 EVOLUCIÓN DE LOS DESPLIEGUES DE BANDA ANCHA EN ESPAÑA

3.2.1 LÍNEAS Y PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA FIJA

En el año 2015 el parque de líneas alcanza los 13,54 millones y eleva la penetración a 29,2 líneas por cada 100 habitante, tal y como se muestra en la Gráfica 7, lo que supone un aumento de 1,2 líneas por cada 100 habitantes respecto a 2014.

GRÁFICA 7 EVOLUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA Y PENETRACIÓN (MILLONES DE LÍNEAS Y LÍNEAS/100 HABITANTES)

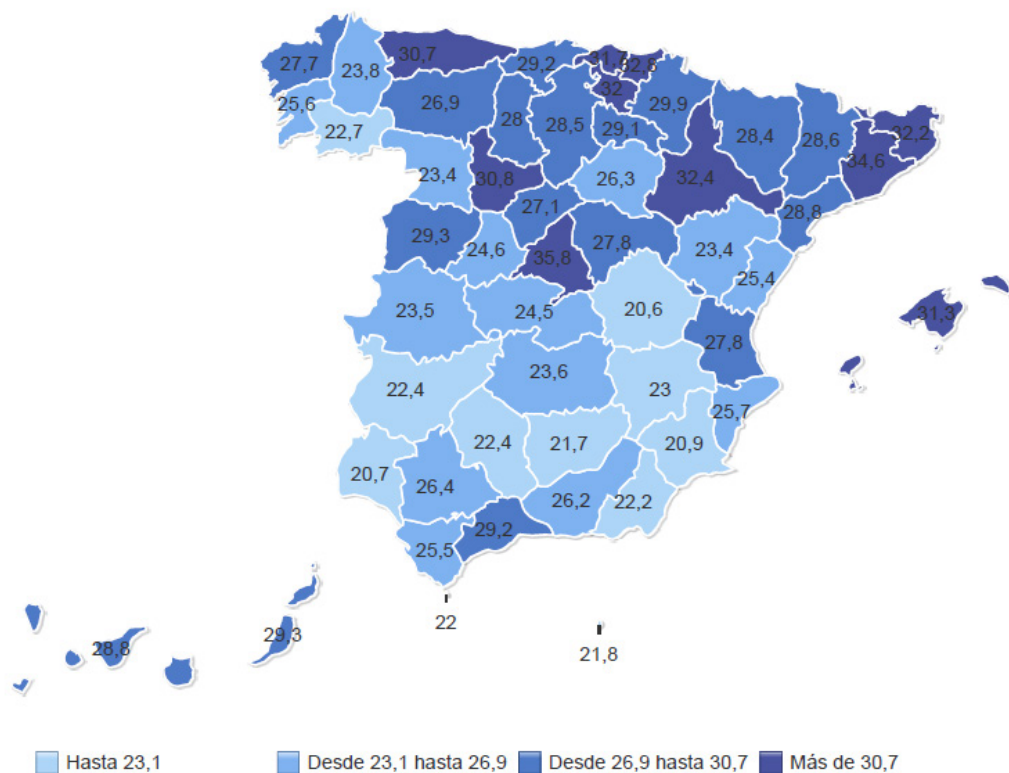


Fuente: CNMC [50]

Desde el punto de vista geográfico se observan claras diferencias en la penetración de la banda ancha fija, debido a que los operadores realizan inversiones con más interés y de un modo más intensivo en las regiones que están más densamente pobladas, debido a que eso conlleva una mayor rentabilidad.

En el siguiente mapa, Ilustración 5, se muestra las diferencias geográficas de la penetración de banda ancha considerando la densidad de población a nivel provincial. Según datos de la CNMC, 15 provincias lograron superar la media de penetración nacional, que se estableció en 29,2 líneas por cada 100 habitantes. De todas ellas destaca Madrid, Barcelona, Guipúzcoa, Zaragoza y Gerona por haber superado las 32 líneas por cada 100 habitantes.

ILUSTRACIÓN 5 MAPA DE PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA POR PROVINCIAS (LÍNEAS/100 HABITANTES)

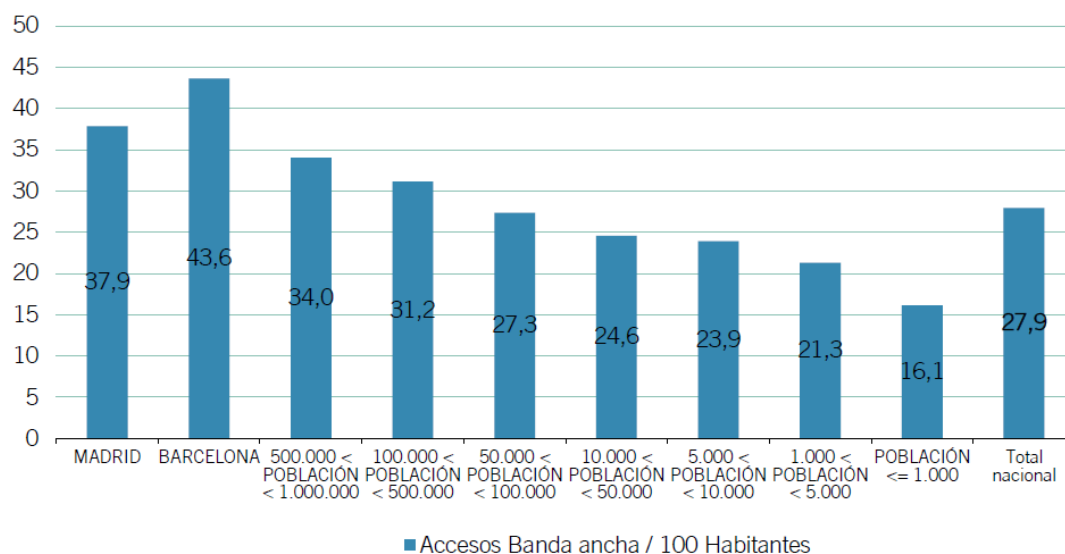


Fuente: CNMC [50]

En el gráfico que se observa a continuación, Gráfica 8, se establece la penetración de las conexiones de banda ancha según el tamaño del municipio a fecha de junio de 2015. Se demuestra tal y como se comentaba anteriormente, que la penetración se reduce claramente a medida que se reduce la población del municipio.

En término medio, los municipios con una población superior a los 100 mil habitantes logran una penetración de 31,2 líneas por cada 100 habitantes, cantidad superior a la media que se estableció en 27,9 líneas por cada 100 habitantes. Además, se puede analizar como los municipios que no superan las 21,3 líneas por cada 100 habitantes son los establecidos con una población inferior a los 5000 habitantes.

GRÁFICA 8 PENETRACIÓN DE LA BANDA ANCHA POR TIPO DE MUNICIPIO DE LÍNEAS/100 HABITANTES (JUNIO 2015)



Fuente: CNMC [50]

No obstante si se compara con datos de años anterior, se vislumbra un aumento en estos municipios debido al incremento de líneas por parte de los operadores con poder dominante y el aumento de la aparición de operadores alternativos que logran un hueco gracias a la desagregación del bucle⁷.

3.2.2 ANÁLISIS DE LAS TECNOLOGÍAS DESPLEGADAS

Según la CNMC, el uso de tecnología de par de cobre en las redes de acceso descendió en 2015 mientras que el despliegue de redes FTTH sigue a un ritmo imparable. Esto se traduce en un gran descenso de los accesos activos de las tecnologías xDSL en oposición al aumento de la FTTH. Por ello, se logra por primera vez que el volumen de accesos de FTTH supere a los accesos activos con tecnología HFC.

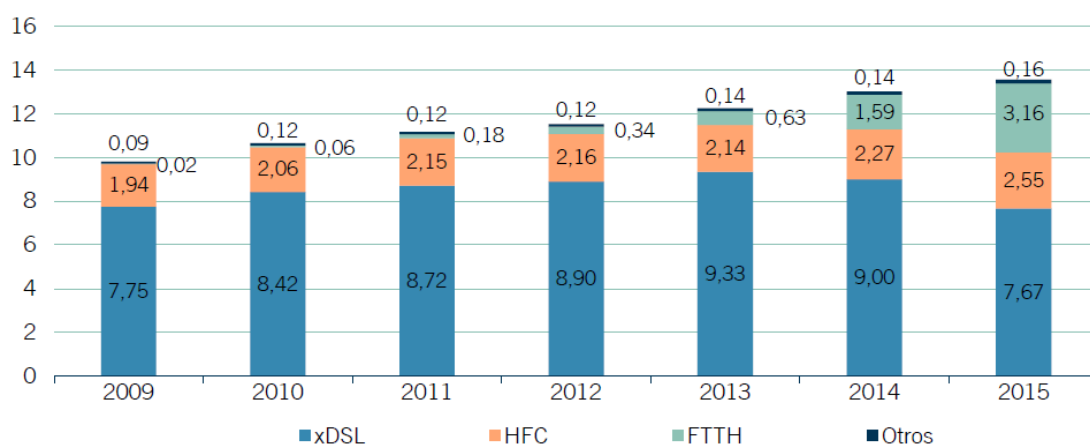
La bajada de las líneas de banda ancha basadas en xDSL que se muestra en la Gráfica 9, se debe al aumento de calidad y velocidad de conexión que proporciona su principal rival, las redes de FTTH.

⁷ La **desagregación del bucle local**, (en inglés *Local Loop Unbundling*, LLU) es el proceso regulatorio que permite a múltiples operadores de telecomunicaciones la prestación de servicios por medio del uso de las conexiones que enlazan la central telefónica con las instalaciones de los clientes. En España, es propiedad del antiguo operador estatal de telefonía, Telefónica S.A.

Estas últimas, han experimentado un aumento de casi el doble por ciento respecto al ejercicio del año anterior, lo que supone un total de 3,16 millones de líneas.

Este aumento es coherente al crecimiento de la tasa interanual de líneas NGA que se refleja en la Gráfica 5, donde Europa se establece con una media del 26,1% de crecimiento y España llega a superar ese valor en un 1,7%.

**GRÁFICA 9 EVOLUCIÓN DE LA BANDA ANCHA POR TECNOLOGÍA
(MILLONES DE LÍNEAS)**



Fuente: CNMC [50]

En el Gráfico 9, se contempla un descenso de 1,33 millones de líneas en la penetración xDSL, mientras el volumen de accesos FTTH se incrementa hasta prácticamente duplicar su valor respecto a 2014.

3.2.3 REDES DE NUEVA GENERACIÓN

Respecto a las Redes de Acceso de Nueva Generación, en 2015 se realiza una clara apuesta por ellas, debido a las altas velocidades que proporcionan y el aumento de calidad, cualidades que permiten ofrecer los servicios demandan un mayor ancho de banda.

Los accesos HFC DOCSIS 3.0⁸ permiten simplificar y acelerar la introducción de nuevos servicios multimedia en alta definición (HD), como voz sobre cable (VoCable) e IPTV (*Internet Protocol Television*). La demanda cada vez mayor de ancho

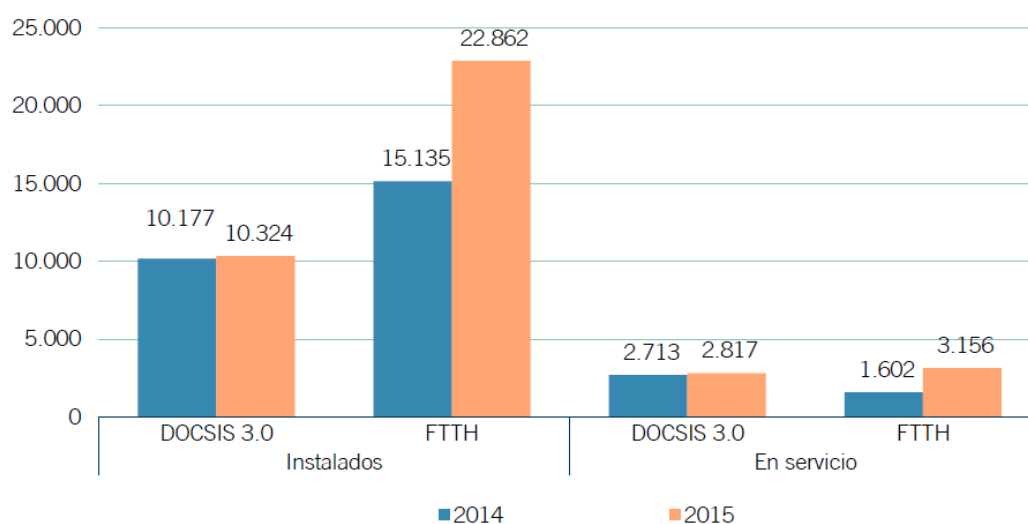
⁸ **DOCSIS** (*Data Over Cable Services Interface Specification*) es el estándar publicado por Cablelabs a partir de marzo de 1997, en su primera versión, para que los operadores pudieran ofrecer servicios de ancho de banda y datos a través de las redes de cable.

de banda causado por el incremento de tráfico de video y datos en América Latina, en donde el crecimiento estimado promedio para 2017 será de 13 Mbits/s, comparado con los 5 Mbit/s registrados en 2013, exige que los MSO⁹ (*Multiple System Operator*) consideren DOCSIS como la tecnología que les permitirá soportar estas necesidades y requerimientos.

Los principales facilitadores de la tecnología HFC DOCSIS 3.0 es Vodafone tras la adquisición en 2014 del operador de cable Ono y los operadores regionales como Euskatel, R y TeleCable. Los accesos instalados basados en HFC DOCSIS 3.0 alcanzan los 10,32 millones en 2015, lo que supone un incremento de casi 150 mil accesos instalados respecto a 2014, pero respecto a los accesos en servicio el incremento no es tan notable, tal y como se muestra en la Gráfica 10.

Por el contrario, en la tecnología FTTH se dobla la cifra de accesos en servicio respecto a 2014 y en los accesos instalados se llega a los 22,86 millones, es decir, un crecimiento de más de 7 millones respecto a 2014.

GRÁFICA 10 EVOLUCIÓN DE LOS ACCESOS INSTALADOS Y EN SERVICIO DE DOCSIS 3.0 Y FTTH EN ESPAÑA (MILES)



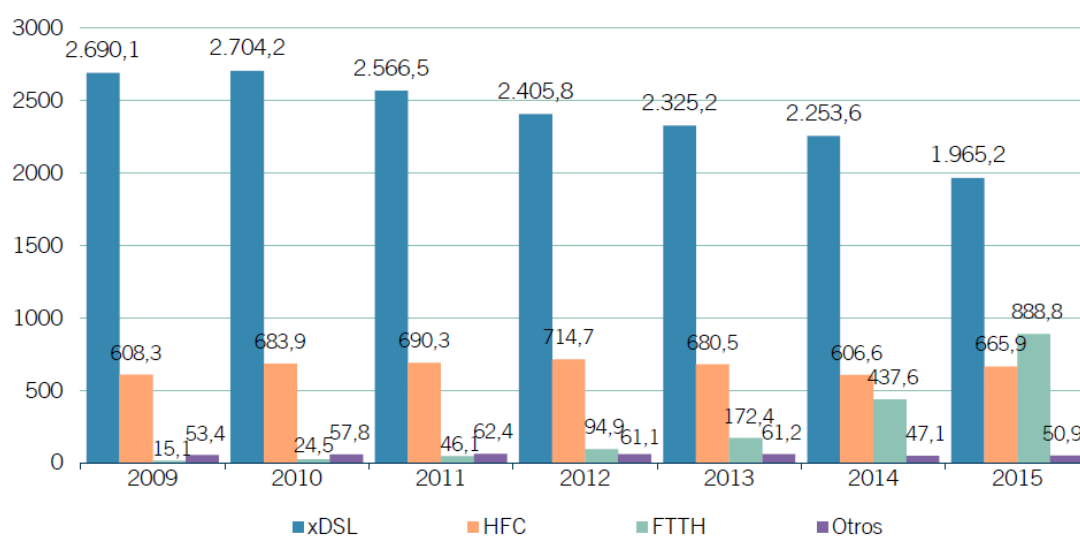
Fuente: CNMC [50]

⁹ MSO (Operador de Sistema Múltiple) son organizaciones de televisión por cable que tienen franquicias en múltiples lugares.

3.2.4 IMPACTO ECONÓMICO DE LAS REDES DE BANDA ANCHA

La situación de los ingresos realizados por las operadoras debido a la banda ancha, contempla un claro incremento en los beneficios aportados por la FTTH respecto a las redes HFC en el año 2015, tal y como se muestra en la Gráfica 11.

GRÁFICA 11 EVOLUCIÓN DE LOS INGRESOS DE LA BANDA ANCHA POR TECNOLOGÍA (MILLONES DE EUROS)



Fuente: CNMC [50]

Respecto a las cuotas de mercado, en relación a la Gráfica 9 de evolución de las líneas de banda ancha por tecnología, se realiza un análisis más detallado en la Tabla 3 teniendo en cuenta además los operadores involucrados.

En 2015 los operadores que más crecieron tras Movistar fueron Vodafone y Orange debido a la apuesta de sustitución que realizan de los accesos de par de cobre por las líneas de tipo FTTH y HFC DOCSIS 3.0.

Concretamente en el caso de Vodafone, tras la adquisición de la red de ONO en 2014 [53], se produce un incremento importante en su parque de líneas HFC. Por otra lado, tal y como se observa en la Tabla 3, el tándem formado por Jazztel y Orange desde 2015 [54], supone que esta última se encuentre con un incremento sustancial de líneas tanto de xDSL como de FTTH.

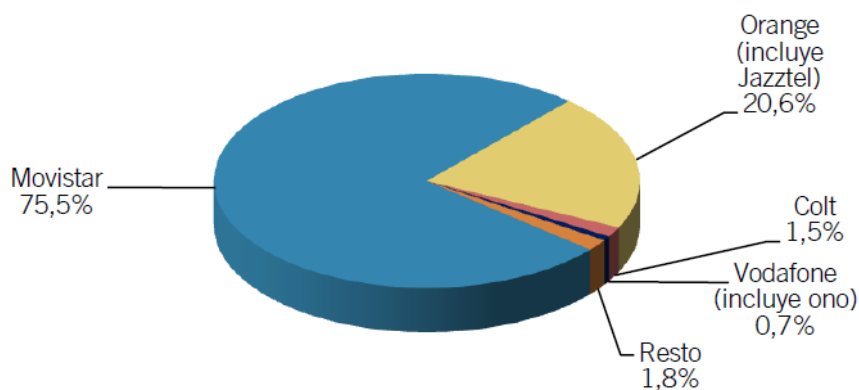
**TABLA 3 EVOLUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA POR
OPERADOR Y TECNOLOGÍA**

	2014			2015		
	xDSL	HFC	FTTH	xDSL	HFC	FTTH
Movistar	4.432.432		1.315.958	3.588.792		2.221.315
Orange	1.911.874		53.277	2.934.654		808.869
Jazztel	1.393.441		158.678			
Vodafone	1.181.143	1.577.258	23.426	1.054.040	1.837.898	67.438
Euskatel	1.862	259.485		1.679	265.637	
R	18.788	197.199	1.360	17.980	201.434	3.197
TeleCable	1.675	115.457	9.456	1.755	114.450	10.208
Resto	59.671	123.463	28.835	65.696	126.325	50.275
Total	9.000.886	2.272.862	1.590.990	7.673.596	2.545.744	3.161.302

Fuente: CNMC [50]

Tal y como se muestra en la tabla anterior, Tabla 3, el total de líneas de tecnología xDSL disminuye considerablemente del año 2014 al 2015, al contrario que en el caso de la fibra óptica, que experimente un crecimiento de casi el doble. Este incremento se traduce en un reparto de cuotas por ingresos de FTTH liderado por Movistar, dato de la Gráfica 12 en consonancia con el número de líneas mostrado en la Tabla 3, seguido por Orange y Vodafone entre otros.

GRÁFICA 12 CUOTAS POR INGRESOS DE FTTH



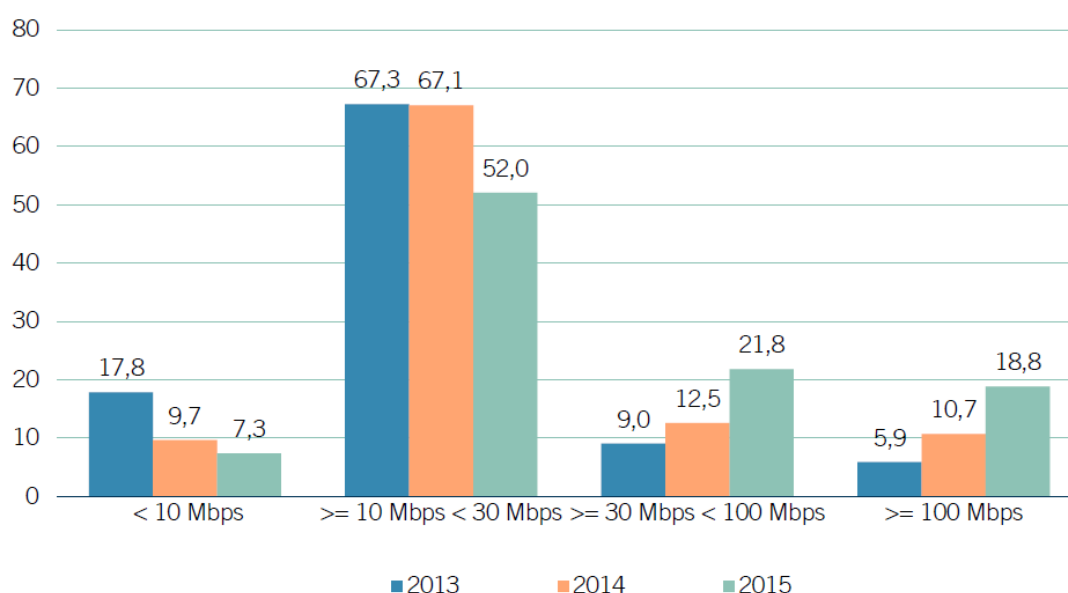
Fuente: CNMC [50]

3.2.5 VELOCIDADES DE LAS LÍNEAS CONTRATADAS

En lo referido a la velocidad de las líneas, la contratación de ofertas de banda ancha se encuentra en media entre los 10 Mbit/s y los 30 Mbit/s, tal y como se muestra en la Gráfica 13. El incremento de contratación de líneas de banda ancha se debe a la mejora de las redes de accesos por parte de los operadores, dado que pese a las limitaciones que supone los pares de cobre, algunos operadores lanzaron promociones de mayor velocidad de conexión mediante VDSL¹⁰.

Tal y como muestra la Gráfica 14, las conexiones con velocidades superiores a los 100 Mbit/s se basan en su mayoría en la implantación de tecnología FTTH seguida de la HFC. Esto se debe a las limitaciones que contiene las infraestructuras de par de cobre frente a las de fibra óptica, creando únicamente opciones de competencia para el cobre en velocidades reducidas al intervalo de los 10 Mbit/s y 30 Mbit/s ocupando un 84% de las líneas de mercado.

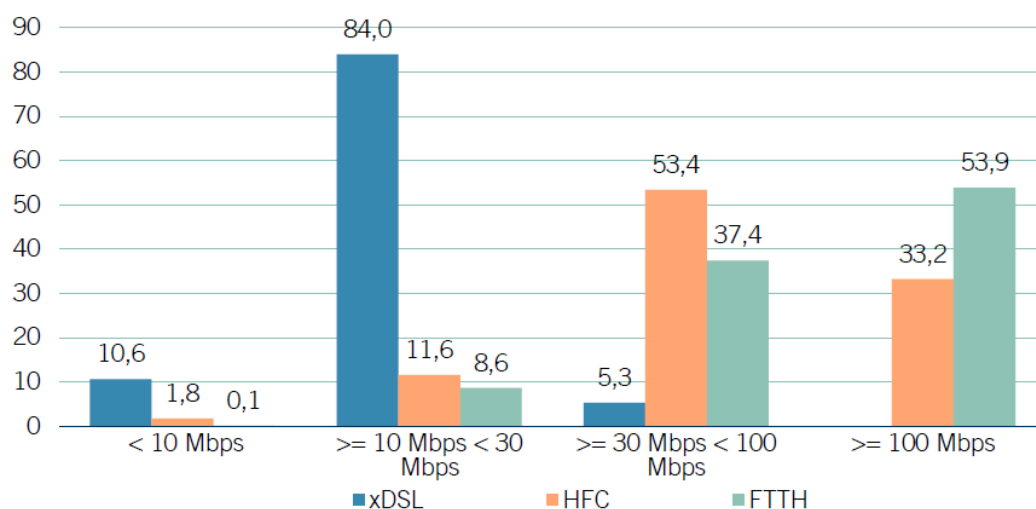
GRÁFICA 13 EVOLUCIÓN DE LAS LÍNEAS DE BANDA ANCHA POR VELOCIDAD CONTRATADA (%)



Fuente: CNMC [50]

¹⁰ **VDSL** es una modalidad de xDSL que permite mayores velocidades de conexión que el ADSL dado que usa cuatro canales para la transmisión de datos, dos para la subida cliente proveedor y dos para la bajada.

GRÁFICA 14 LÍNEAS DE BANDA ANCHA POR VELOCIDAD CONTRATADA Y TECNOLOGÍA (%)



Fuente: CNMC [50]

El análisis del conjunto de los datos desglosados anteriormente proporciona una visión del aumento progresivo de velocidad de conexión contratada. El principal motivo se basa en la inversión y apuesta por el aumento de redes FTTH que proporcionan una mayor velocidad y mejor calidad de servicio, junto con el impulso de la demanda que se obtiene por parte de las redes de nueva generación que necesitan un mayor ancho de banda para la prestación de sus servicios.

3.2.6 ESTÁNDARES DESPLEGADOS

En este apartado se analiza la evolución de los despliegues de banda ancha de fibra óptica desde el punto de vista tecnológico. Tal y como ya se ha mencionado (apartado 2.3.4 GPON vs EPON) en Europa la mayor parte de las redes FTTH desplegadas se basan en GPON, al igual que prácticamente en el resto del mundo, a excepción de Asia que se decanta más por EPON. En el caso de España, el tipo de red de fibra usado por la práctica totalidad de los operadores son las redes GPON, consiguiendo dar servicio con una misma fibra a 64 usuarios y que a continuación se estudia más en detalle [55].

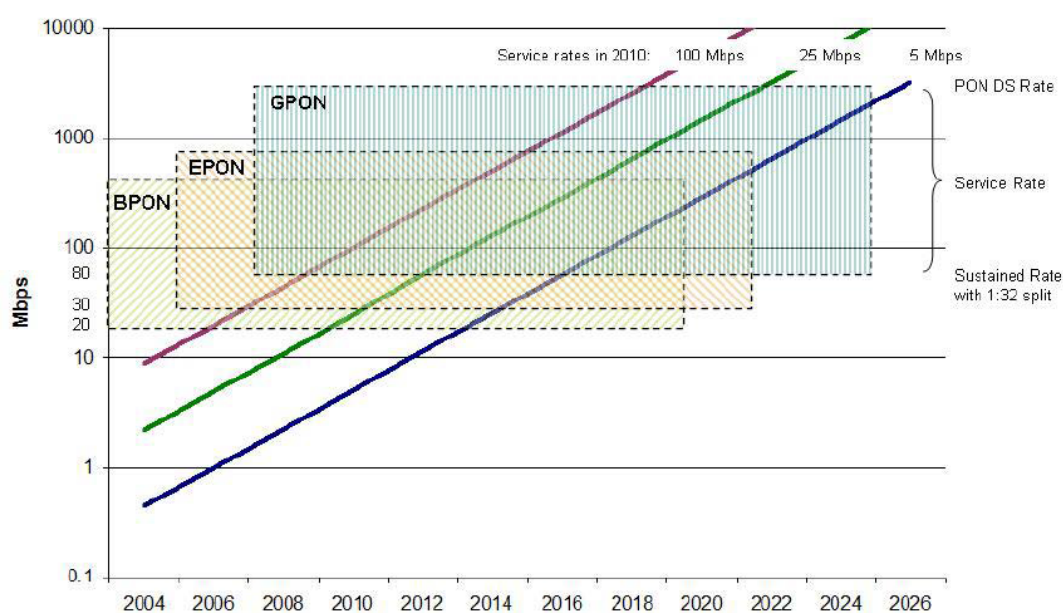
El objetivo es seguir implementando nuevos estándares haciendo uso de la red actual, incluso logrando la existencia en paralelo de GPON con otras evoluciones del estándar, como es el caso del 10G-PON. Este tipo de evolución es similar a la sucedida

con ADSL, un progreso en el cual cada vez se incrementa más la velocidad con nuevos estándares, pero siempre haciendo uso de la misma red física.

Según la Ley de Nielsen, ver Gráfica 15, “las velocidades de conexión de red para los usuarios aumentarían un 50% por año, o el doble cada 21 meses. Dado que la tasa de crecimiento es más lenta que la predicada por la Ley de Moore ¹¹ de la potencia del procesador, la experiencia del usuario permanecería limitada por el ancho de banda”.

Esto se traduce en la necesidad de que los operadores sigan invirtiendo y mejorando las capacidades de las redes desplegadas. Dado que el aumento de dispositivos conectados requiere de la disposición de una mayor velocidad y números de accesos a los que hacer frente, es necesario que los estándares de ancho de banda disponible no supongan una limitación a la evolución de la tecnología, sino todo lo contrario.

GRÁFICA 15 PREDICCIÓN DE NIELSEN APLICADA PARA 3 TIPOS DE SERVICIO DE LA TECNOLOGÍA PON, 2004-2025



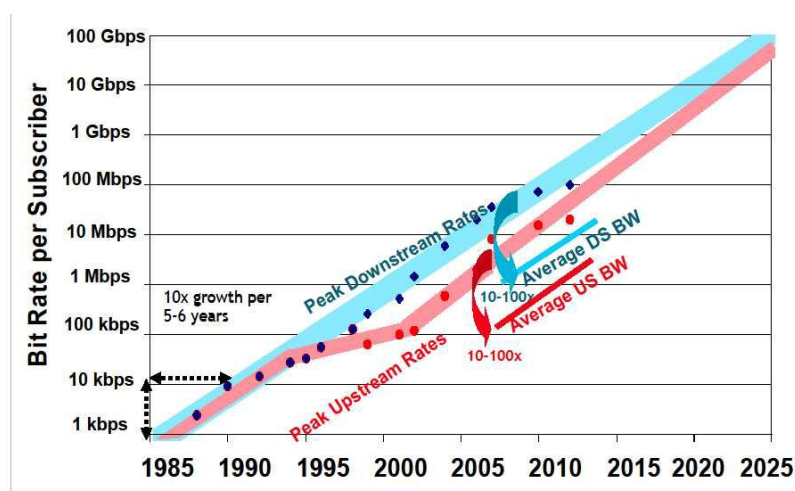
Fuente: Ensuring the future of your fiber access, Ericsson [56]

¹¹ Gordon **Moore** afirmó que la tecnología tenía futuro, que el número de transistores por unidad de superficie en circuitos integrados se duplicaba cada año y que la tendencia continuaría durante las siguientes dos décadas [78].

La incesante demanda de ancho de banda de los últimos años, se ha multiplicado por 10 cada 5 o 6 años, por lo se estima que para 2025 la media esté en torno a los 100 Gbit/s, ver Gráfica 16.

Por tanto, es misión de los principales organizadores mundiales supervisar las normas que permiten abastecer la demanda de banda ancha prevista, mediante la creación de nuevos estándares que sean capaces de coexistir con los ya implementados.

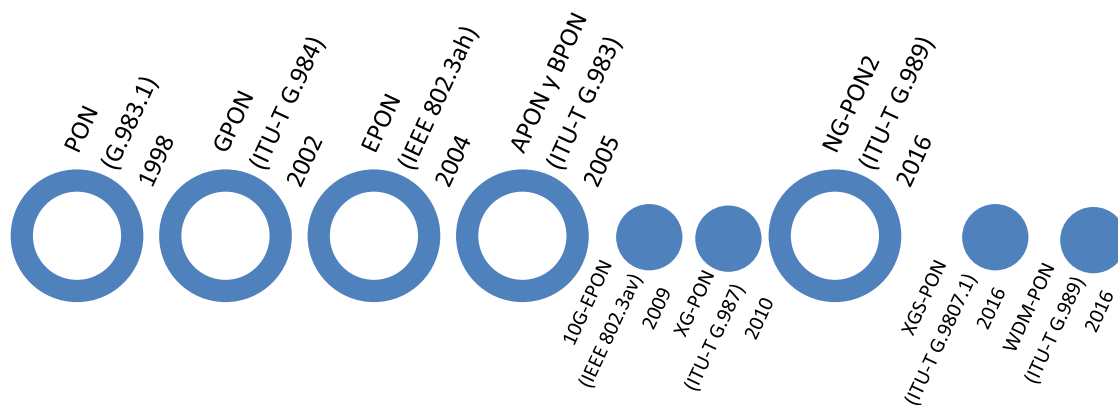
GRÁFICA 16 EVOLUCIÓN DE LAS TASAS DE DATOS FTTH, 1995-2025



Fuente FTTH Council Europe [57]

A continuación, se realiza un análisis cronológico de la aparición y evolución de los estándares de la tecnología de redes de fibra óptica hasta el hogar, ver Ilustración 6.

ILUSTRACIÓN 6 EJE CRONOLÓGICO DE LOS ESTÁNDARES DESPLEGADOS DE FTTH



Fuente: Elaboración propia

Para las redes PON basadas en ATM, el grupo FSAN realizó una especificación en 1998 que se convirtió en norma internacional y que fue adaptada por la ITU como la recomendación G.983.1. Después, se crea el grupo NG-PON (*Next Generation Passive Optical Network*), que pertenece al grupo FSAN. El objetivo de la creación de este grupo fue desarrollar las nuevas generaciones de redes PON en dos fases, NG-PON1 y NG-PON2.

En la primera fase, NG-PON1, aparece el estándar XG-PON (también conocido como 10G-PON) que se normalizó con la serie ITU-T G.987 en 2010. La principal diferencia con su predecesor GPON (ITU-T G.984) de 2002 es que ofrece 20 Gbit/s de bajada y 2,5 Gbit/s de subida, es decir, 4 veces más de velocidad de bajada y el doble de subida que su predecesor.

Por otro lado, cabe destacar la competencia del estándar 10G-EPON que fue desarrollado por el IEEE como 802.3av en 2009. Este estándar especifica el acceso EPON con un ancho de banda simétrico de 10 Gbit/s o asimétrico de 10 Gbit/s de bajada y 1,25 Gbit/s de subida.

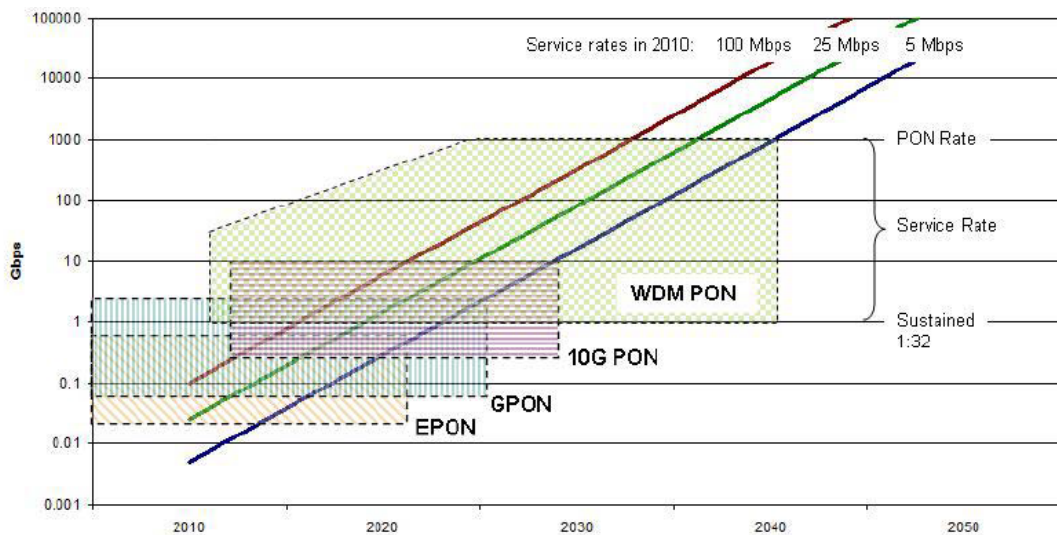
El segundo paso, NG-PON2, es el referido a la norma ITU-T G.989 que incluye el nuevo estándar que permite conseguir velocidades con fibra óptica hasta el hogar de hasta 40 Gbps [58]. Esto supone lograr en 2016 multiplicar por cuatro la velocidad que se podía conseguir con el estándar anterior, NG-PON1. La principal ventaja es la posibilidad de compatibilizar las infraestructuras desplegadas con GPON y XG-PON. Este estándar se encuentra en su primera fase y aún faltan especificaciones por marcar.

En España ya se están realizando las primeras pruebas con la tecnología WDM-PON (*Wavelength Division Multiplexed Passive Optical Networks*) lográndose velocidades de hasta 20 Gbit/s con dos longitudes de onda de 10 Gbit/s cada una [59]. La principal ventaja de esta tecnología es la compatibilidad con las redes desplegadas por lo que se reducen los costes y es la principal candidata como línea futura de tecnología.

La ITU también acaba de publicar recomendaciones para accesos ópticos de hasta 10 Gbit/s simétricos bajo el estándar XGS-PON (*10 Gbit/s Symmetric Passive Optical Network*) [60]. Esta tecnología logra coexistir de forma paralela con las infraestructuras de red de XG-PON. La previsión es cubrir la demanda de ancho de

banda y además facilitar las conexiones futuras de la red 5G. Se consigue en las pruebas realizadas un ancho de banda en el canal ascendente cuatro veces superior al de su predecesor XG-PON [61].

GRÁFICA 17 PREDICCIÓN DE NIELSEN APLICADA PARA 3 TIPOS DE SERVICIO DE LA TECNOLOGÍA PON, 2005-2040



Fuente: Ensuring the future of your fiber access, Ericsson [56]

El futuro se presenta con buenas expectativas dado que la industria se ha asegurado que la inversión en PON esté garantizada basándose en tecnología rentable, como es aprovechar las infraestructuras ya desplegadas.

Con las tecnologías NG-PON como 10G-EPON, XG-PON y WDM-PON, ver Gráfica 17, se prevé suministrar la demanda de ancho de banda de acceso para los próximos años.

4. FACILITADORES Y BARRERAS EN LOS DESPLIEGUES DE FIBRA ÓPTICA HASTA EL HOGAR

A continuación, se realiza un análisis socio-económico del impacto de la normativa técnica y la regulación del acceso de banda ancha de fibra óptica en el propio sector y después de los despliegues de acceso de banda ancha de fibra óptica en la economía y la sociedad. Además, como principal aportación al trabajo, se examinan los principales facilitadores y barreras en los despliegues de fibra de óptica para finalizar el capítulo con una propuesta de actuación para mejorar los objetivos de la Agenda Digital Europea 2020.

4.1 ANÁLISIS SOCIO-ECONÓMICO

En este apartado se realiza un análisis del impacto de la normativa técnica y la regulación del acceso de banda ancha de fibra óptica, primero, en el propio sector y, después, para los despliegues de acceso de banda de fibra óptica en la economía y la sociedad en general.

4.1.1 IMPACTO DE LA REGULACIÓN DE REDES DE ACCESO DE BANDA ANCHA EN EL SECTOR DE LAS TELECOMUNICACIONES

El dinamismo del mercado de la banda ancha confiere la necesidad de una continua adaptación de las leyes, reglamentos y estándares en este tipo de mercado. La mayor parte de los países europeos cuentan con un organismo regulador de telecomunicaciones con autoridad propia que se encarga de la concesión de licencias y de regular la gestión de frecuencias en relación a los operadores de telecomunicaciones.

En el sector de la banda ancha, cobra gran importancia el hecho de la protección de la competencia debido a que al facilitar la entrada en el mercado a nuevos operadores se logran políticas más competitivas que fomentan el crecimiento de los despliegues de banda ancha y la inversión en el sector, lo que repercute en un beneficio económico a nivel estatal.

Las regulaciones neutrales desde el punto de vista de la tecnología, permiten tener cierta flexibilidad en la elección de la tecnología a desplegar por parte de los inversores. Esto conlleva un ahorro de costes al usar las tecnologías con mejores

prestaciones como en el caso de la fibra óptica, ventaja que repercute en la posibilidad de obtener mayores beneficios y revertirlos en la bajada de tarifas a los usuarios y la inversión en mejores despliegues por parte de las operadoras.

La opción de usar soluciones viables de tecnología en zonas rurales, se traduce en la posibilidad de proveer servicios diferenciados con la entrada en el mercado de nuevos competidores. Para lograr esto, se necesita tener un régimen flexible y abierto para permitir a los operadores prestar servicios en los lugares que se detecte una opción de mercado.

También se debe regular la asignación de espectros de frecuencia por parte de las operadoras de telefonía móvil y WiMAX, así como en algunos casos dejar espectros sin licencia, como en el caso de las tecnologías WiFi para facilitar los despliegues de banda ancha por parte de todos los operadores.

Respecto a las normas municipales, cabe mencionar que juegan un papel decisivo en el despliegue de redes de banda ancha. Existen directrices llevadas a cabo por las autoridades de las administraciones locales que repercuten de forma directa en los proyectos de acceso comunitario al uso de las TIC, los derechos sobre uso de infraestructuras y las instalaciones de suministros.

4.1.2 IMPACTO EN LA SOCIEDAD Y LA ECONOMÍA

La banda ancha supone la posibilidad de un desarrollo sostenible, basado en los progresos que giran en torno a la educación, salud y gobierno electrónicos con resultados a corto plazo. Además, existen otros beneficios visibles a más largo plazo como pueden ser la eficiencia energética, el control inteligente de las ciudades o la conexión de zonas rurales, favoreciendo su desarrollo económico y evitando la despoblación. Por este motivo, la inversión en banda ancha debe tener también un enfoque social y equilibrar los beneficios rápidos con objetivos estratégicos futuros.

Aunque la banda ancha no puede presentarse como el remedio a todos los problemas, agentes como la Comisión de la Banda Ancha¹², la UIT y la UNESCO, en el

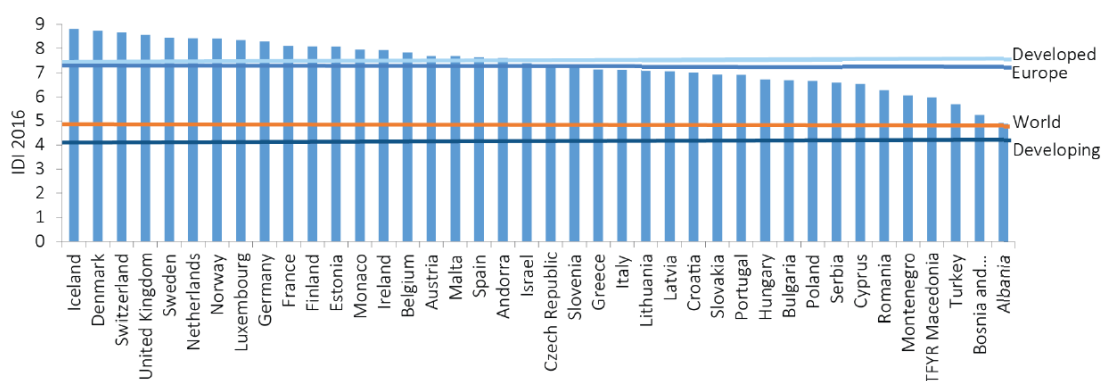
¹² La **Comisión de la Banda Ancha** para el Desarrollo Sostenible está integrada por más de 50 líderes procedentes del sector gubernamental y de la industria, que tienen como misión prestar una asistencia activa a los países, a los expertos de las Naciones Unidas y a los equipos de las ONG para que puedan aprovechar las ventajas que ofrecen las TIC.

marco de la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030 [62], han acordado que las TIC y la interconexión mundial presentan un gran potencial para propulsar el progreso humano, acabar con la brecha digital y desplegar una sociedad del conocimiento donde todos tengan la opción de participar.

En el aspecto económico, según palabras de Panjak Patel, “Incrementar en un 10% la penetración de banda ancha en un país en vías de desarrollo, produce un incremento de 1,3 puntos porcentuales en el PIB. Ese mismo porcentaje de incremento de penetración en un país ya desarrollado, puede llegar a generar incluso 1,9 puntos porcentuales adicionales en el PIB” [63] [64]. Por tanto, la inversión en este sector supone beneficios económicos a nivel global, además de lograr una conexión mundial.

Del análisis del informe “*Measuring the Information Society Report*” [65], formulado por la UTI en 2016, se extraen los últimos datos respecto al Índice de Desarrollo de las TIC (IDI, *ICT Development Index*). Este índice, sirve a los gobiernos para identificar brechas digitales y ayuda al mismo tiempo al sector privado a buscar oportunidades de inversión. El IDI supervisa y compara aspectos relacionados con el acceso, la utilización y los conocimientos respecto a las TIC¹³. Uno de los indicadores utilizados en este índice es el número de abonados de banda ancha fija por cada 100 habitantes.

GRÁFICA 18 VALORES DEL IDI POR PAÍSES EN EUROPA EN 2016



Fuente: ITU, *Measuring the Information Society Report 2016* [65]

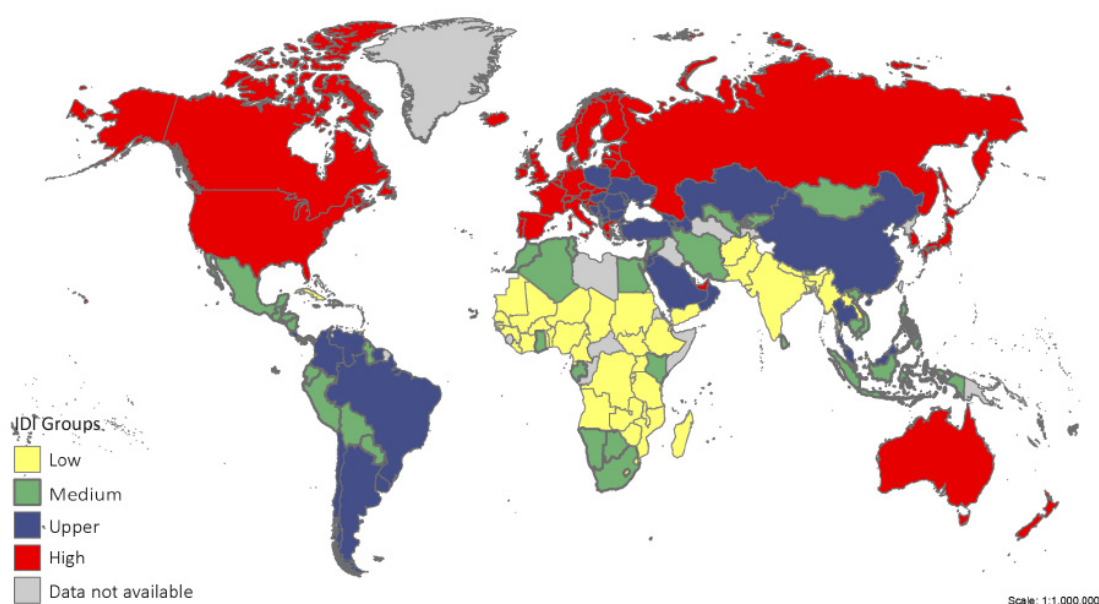
¹³ La metodología para el cálculo del IDI se realiza teniendo en cuenta tres subíndices. El **subíndice acceso**, mide el nivel de la infraestructura de las TIC y el acceso a esas tecnologías. El **subíndice utilización**, recoge el grado de intensidad de uso de las TIC. Por último, el **subíndice conocimientos**, recoge información acerca de las competencias en materia de las TIC.

Gracias a este índice, los países pueden seguir de cerca sus avances en el desarrollo de tecnología y efectuar su propia medición con respecto a la clasificación mundial.

El valor IDI promedio mundial se establece para 2016 en 4,94 puntos, ver Gráfica 18 anterior, lo que supone una subida de 0,2 puntos respecto al año anterior. En el caso de España, se realiza un progreso que permite avanzar hasta el puesto 26, situándose con un IDI de 7,62, superando la media europea establecida en 7,35.

Casi todos los países mejoran sus valores de IDI en el último año, pero siguen existiendo grandes desigualdades entre los países más y menos conectados. La mayoría de los países que encabezan la lista tienen mercados liberalizados relacionados con las TIC y una competitividad que fomenta la innovación. En la Ilustración 7, se puede observar como los países con mayor IDI son los más desarrollados.

ILUSTRACIÓN 7 DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA MUNDIAL DEL IDI POR CUARTILES, 2016



Fuente: ITU, *Measuring the Information Society Report 2016* [65]

De todo lo anterior, se aprecia que existe una relación directa entre el progreso económico y el desarrollo de las TIC, lo que se traduce en un impacto socio-económico positivo que refleja la evolución continua de la sociedad de la información a nivel mundial.

4.2 PRINCIPALES FACILITADORES Y BARRERAS EN LOS DESPLIEGUES DE FIBRA ÓPTICA

En la persecución de los propósitos marcados por la Estrategia Europea 2020 se desea lograr un crecimiento sostenible e integrador que nos permita alcanzar una cobertura del 100% de la población con al menos una velocidad de 30Mbit/s y un 50% a más de 100 Mbit/s. Esto se traduce en la necesidad de colaboración entre ciudadanos, empresas y sector público (educación, justicia, sanidad y administración) para el uso de las tecnologías digitales.

Para el desarrollo de la banda ancha y en particular de la fibra óptica, se realiza a continuación un análisis de los facilitadores y barreras más importantes con los que cuenta España en el ámbito de los despliegues de redes de FTTH.

4.2.1 FACILITADORES

En nuestro país existen diversos factores que facilitan los distintos despliegues de fibra óptica llevados a cabo por los operadores y que son clave a la hora de entender el crecimiento de dichos despliegues durante los últimos años. Estos factores que facilitan los despliegues también son conocidos como *drivers* y entre ellos cabe destacar los siguientes, ver Ilustración 8:

ILUSTRACIÓN 8 FACILITADORES EN LOS DESPLIEGUES DE FTTH



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 PROGRAMA MARCO

Uno de los principales facilitadores que permite el despliegue de redes de fibra óptica en España, es el Servicio Mayorista de Acceso a Registro y Conductos (MARCo) [51]. Esta oferta recoge un conjunto de servicios, con sus respectivas condiciones técnicas y económicas, que el operador con poder significativo en el mercado debe prestar al resto de operadores para facilitarles el acceso a sus infraestructuras de obra civil y permitirles el despliegue de sus propias redes de fibra óptica.

El objeto de la oferta de referencia MARCo es establecer los criterios técnicos para la utilización y acceso a la infraestructura civil de los conductos, registros y postes junto a las centrales telefónicas sobre los que tiene derecho de uso el operador con poder significativo en el mercado, para la instalación de cables por parte de otros operadores de telecomunicaciones para facilitar el despliegue de las redes de fibra óptica.

Este facilitador repercute en un beneficio muy grande para las operadoras dado que fomenta la compartición de recursos minimizando la necesidad de ampliar infraestructuras dado que el coste de la obra civil es una de las inversiones más costosas que deben realizar las operadoras para realizar los despliegues de fibra óptica. Además conlleva la opción de acceso al mercado a un mayor número de operadoras e incide favorablemente en las posibilidades de acceso a los usuarios.

4.2.1.2 ACUERDOS PARA LA FUSIÓN DE OPERADORES

Para lograr un correcto nivel de competitividad entre los distintos operadores es necesario facilitar una serie de acuerdos para establecer la fusión de operadores y seguir manteniendo la competencia en el mercado tal y como se refleja en el estudio de *Analysis Mason* para *Ofcom*¹⁴ sobre los enfoques que se han adoptado para la regulación de redes fijas de acceso de la próxima generación en varios países.

España tuvo dos fusiones importantes en los años 2014 y 2015, por lo que el número de operadores principales pasó de cinco a tres. En primer lugar, Vodafone adquirió ONO en marzo de 2014, aprobado por la Comisión Europea el 2 de julio de

¹⁴ **Ofcom** es el regulador británico de la difusión y de las industrias de las telecomunicaciones. Su deber principal en la regulación de las telecomunicaciones asegurando la disposición de servicios de banda ancha a los consumidores, autorizando y regulando a operadores de red y promoviendo la competición.

2014, [53] y más tarde Orange adquirió Jazztel en septiembre de 2014, aprobado por la Comisión Europea con condiciones el 19 de mayo de 2015, [54].

Antes de su fusión, tanto Orange como Jazztel habían aumentado sus cuotas de mercado en España y la Comisión Europea las percibían como importantes impulsores de la competencia en el mercado, que podrían perderse como resultado de la consolidación. Como tal, la Comisión Europea estaba preocupada por la fusión y retrasó su decisión en espera de nuevas investigaciones [66].

Para responder a las preocupaciones de la Comisión Europea, Orange realizó una serie de compromisos para proporcionar acceso a su infraestructura, lo que satisfizo a la Comisión Europea y permitió llegar a un acuerdo [67].

4.2.1.3 COORDINACIÓN DE AYUDAS PÚBLICAS

Un gran facilitador en los despliegues de redes de banda ancha es la regulación de instrumentos y procedimientos de coordinación entre diferentes Administraciones Públicas en materia de ayudas públicas dirigidas a favorecer el impulso de la sociedad de la información mediante el fomento de la oferta y la disponibilidad de redes de banda ancha [68].

Mediante la coordinación de las medidas que vayan dirigidas a favorecer el impulso de la sociedad de la información mediante el fomento de la disponibilidad de redes de banda ancha por parte de las diferentes Administraciones Públicas y la revisión de que sean compatibles con el régimen jurídico de las telecomunicaciones y con los planes de banda ancha del Ministerio de Industria, Energía y Turismo se logra conseguir [69]:

- Facilitar el cumplimiento de las Directrices de la Unión Europea para la aplicación de normas sobre ayudas estatales al despliegue rápido de redes de banda ancha.
- Asegurar la coordinación a nivel estatal entre las autoridades que conceden ayudas que vayan dirigidas a favorecer el impulso de la Sociedad de la Información de forma que pueda hacer un correcto uso de los recursos del Fondo Europeo de Desarrollo Regional.

En el caso de las zonas rurales o lugares de la geografía en los que el número potencial de clientes es bajo, es muy importante la coordinación de ayudas públicas para

los despliegues de redes de banda ancha. Precisamente uno de objetivos de la Agenda Digital, es fomentar a las autoridades públicas a apostar por el despliegue de nuevas infraestructuras de redes de banda ancha en los lugares en los que la inversión por parte de los operadores y la inversión privada es arriesgada, con la finalidad de conseguir una cobertura homogénea y acceso igualitario a las nuevas tecnologías.

4.2.1.4 NORMATIVAS SOBRE LAS INFRAESTRUCTURAS COMUNES

Las normativas sobre infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones [41] suponen un elemento facilitador de la competencia entre operadores en el marco del proceso de liberalización del sector.

Al facilitar el derecho a los ciudadanos a acceder a cualquier operador de telecomunicaciones que preste servicio en una zona, se asegura una competencia efectiva de modo que todos los operadores tengan acceso a los usuarios en igualdad de oportunidades. Además, las infraestructuras necesitan ser diseñadas y ejecutadas de manera coordinada para garantizar que los profesionales del sector puedan ajustarse a un marco reglamentario adecuado para el desarrollo de su actividad [70].

Existen situaciones, sobre todo en núcleos urbanos, en las que los vecinos se encuentran en desacuerdo con el uso de la fachada para instalar cableados de las nuevas redes de banda ancha de fibra óptica y que dan lugar a conflictos entre operadoras y ciudadanos. En estos casos, la solución es ampararse a las normativas vigentes.

Según la actual Ley General de Telecomunicaciones [42], los operadores deberán hacer uso de las canalizaciones subterráneas o en el interior de las edificaciones que permitan el despliegue de redes. En los casos en los que no exista dichas canalizaciones o no sea posible su uso por razones técnicas o económicas, los operadores podrán efectuar despliegues aéreos o por fachadas siguiendo los ya existentes anteriormente. En los casos de edificios sujetos a patrimonio histórico-artístico o que existe un riesgo para la seguridad pública no se podrán realizar dichos despliegues.

Para agilizar los despliegues de fibra óptica, el trámite a seguir se basa en que el operador que se proponga a instalar los tramos finales de redes, deberá comunicarlo por escrito a la comunidad de propietarios junto con el proyecto de la actuación que pretende realizar, antes de iniciar cualquier instalación.

Además, la instalación no podrá realizarse si en el plazo de un mes desde que la comunicación se produjo, la comunidad de propietarios acredita ante el operador que ninguno de los copropietarios está interesado en disponer de las infraestructuras propuestas. Si transcurrido el plazo de un mes el operador no hubiera obtenido respuesta, el operador estará habilitado para iniciar la instalación en los tramos finales de red.

4.2.1.5 INVERSIÓN EN CRECIMIENTO Y EMPLEO

Uno de los facilitadores en los despliegues de fibra óptica, es la persecución de los objetivos de la Estrategia Europa 2020 que señala el camino hacia el crecimiento de la Unión Europea en los próximos años. Su finalidad es subsanar los defectos del modelo de crecimiento de las economías europeas y crear las condiciones adecuadas para un tipo de crecimiento distinto, más inteligente, sostenible e integrador.

El objetivo de crecimiento inteligente debe lograrse mediante la mejora del rendimiento de la Unión en materia de conocimiento, investigación e innovación y sociedad digital. Para ello, se establecen cinco grandes objetivos a alcanzar por la Unión europea en 2020, entre ellos, alcanzar un nivel de gasto en I+D (medido como porcentaje del PIB de la UE) del 3% en 2020, incluyendo gasto público y privado. En el caso de España, este valor se fija en el 2% del PIB español en 2020 [71].

En base a este objetivo de la Estrategia europea 2020, nace el Programa Operativo de Crecimiento Inteligente 2014-2020, que tiene como objetivo contribuir a la mejora y recuperación de la competitividad de la economía española, a través del impulso de un modelo más inteligente, apoyado en la investigación, la innovación y las TIC, con especial atención a las necesidades y el potencial de las PYME.

Las actuaciones del Programa Operativo de Crecimiento Inteligente se centran en el ámbito de la economía digital, los servicios públicos digitales y del e-Gobierno, tal y como se explican a continuación.

En el ámbito de la economía digital, se identifica a dicho sector como motor de generación de empleo y actividad económica. El refuerzo de las aplicaciones de las TIC en el ámbito de los servicios públicos digitales y administración electrónica repercute en el aprendizaje, la inclusión, la cultura y la sanidad electrónica.

Se incluyen medidas en los sectores de educación (*e-learning*) y sanidad (*e-health* o telemedicina) como la interoperabilidad de las plataformas de los distintos sistemas autonómicos de sanidad o la conexión de banda ancha ultrarrápida de los centros escolares para el ejercicio de la acción docente [71].

Las aplicaciones de *e-learning* permiten traspasar las barreras geográficas ya que estas redes hacen posible impartir clases mediante videoconferencias a un público ubicado en diferentes áreas geográficas con posibilidad de interacción en tiempo real y con una buena calidad de comunicación.

En cuanto a la telemedicina, las redes de nueva generación posibilitan realizar consultas médicas, diagnósticos y monitoreo de los pacientes a distancia. Estas ventajas son de especial importancia para personas con movilidad reducida o que viven en zonas rurales. Sin la apuesta por un despliegue de redes de banda ancha, la implementación de estos servicios sería inviable. La calidad de las imágenes de alta definición transmitidas por estos medios es imprescindible para un diagnóstico correcto.

La apuesta por los despliegues de fibra óptica tiene un fuerte impacto en términos de productividad y mejora de servicios mediante el fomento del teletrabajo, el *cloud-computing* y las teleconferencias. Además de reducir las distancias, las redes de banda ancha permiten el desarrollo de contenidos digitales, sector que en España muestra un crecimiento significativo en los últimos años¹⁵.

4.2.1.6 EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA

El progreso de la tecnología en las redes de banda ancha de fibra óptica, se traduce en un facilitador de la eficiencia de los costes mediante la reducción del consumo energético y la reducción de equipamiento de telecomunicaciones.

El uso de fibra óptica en lugar del cobre convencional, supone una reducción de centrales de cobres. Además con la fibra óptica tiene lugar una optimización del uso de la energía dado que se usan infraestructuras pasivas desde la central a los usuarios y además se tiene un mayor número de usuarios por puerto en el equipo central.

¹⁵ Según datos de la CNMC del Informe Económico Sectorial de las Telecomunicaciones y el Audiovisual de 2016 [77], los **servicios de televisión** basados en **XDSL/FTTH** doblaron los ingresos en 2015 con respecto al año anterior, alcanzando un volumen de negocio de 619,8 millones de euros lo que supuso un crecimiento del 97,7% con respecto a 2014.

A todo ello, cabe añadir la gran diferencia que existe entre las prestaciones del cobre y la fibra, dado que el cobre soporta distancias de menos de 5 km y unas penalizaciones de ancho de banda que comienzan a penas en los 100 m, en cambio, la fibra tolera más de 20 km sin repercusión en el ancho de banda.

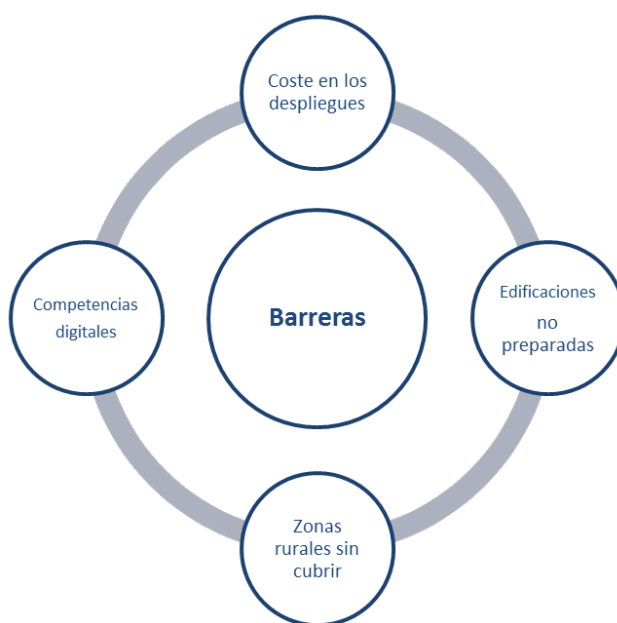
4.2.2 BARRERAS

Al igual que existen oportunidades y facilitadores para los despliegues de fibra óptica en España tal y como se ha analizado en el apartado anterior, también existen barreras que limitan el correcto lanzamiento de este tipo de redes y que frenan la correcta conectividad de banda ancha.

El análisis de las recomendaciones necesarias para facilitar los despliegues de las redes de banda ancha, propician la eliminación de las barreras existentes lo que se traduce en un impacto positivo para el bienestar de la población e impulsa la inversión por parte de las operadoras.

Las barreras en los despliegues de infraestructura de redes de fibra óptica tras la comparativa realizada a lo largo del trabajo, pueden clasificarse en cuatro grupos bien diferenciados enumerados en la siguiente imagen, ver Ilustración 9:

ILUSTRACIÓN 9 BARRERAS EN LOS DESPLIEGUES DE FTTH



Fuente: Elaboración propia

4.2.1.1 COSTES EN LOS DESPLIEGUES

En el caso del mercado de despliegue de fibra óptica, la única forma de prestar los servicios es desplegar una red de acceso propia hasta el usuario final. Sin embargo, el acceso local hasta el usuario final es la parte menos replicable de una red de comunicaciones electrónicas, dados los altos costes del despliegue. En concreto, los costes de las infraestructuras de obra civil necesarias para desplegar una red de acceso pueden constituir entre el 50 y el 80% de los costes totales del despliegue de una red de comunicaciones electrónicas [72].

En determinadas situaciones, la compartición de las canalizaciones por parte de los operadores es inviable dado que las canalizaciones se encuentran saturadas. En estos casos, es necesaria la obra civil y realizar la inversión que conlleva por parte de las operadoras. Pero además, no es solo un problema de costes, también supone un problema a la hora de recibir permisos por parte de cada Ayuntamiento. Esto en ocasiones, puede imposibilitar un determinado despliegue cuando, por ejemplo, la calle en la que se pretende realizar la intervención está en garantía, es decir, que todavía no se puede hacer una zanja nueva.

4.2.1.2 EDIFICACIONES NO PREPARADAS

La actual situación de disminución de construcción en España repercute en el ritmo de ejecución de proyectos de infraestructuras comunes de telecomunicaciones. Al ralentizarse el crecimiento del parque de edificios que está preparado para soportar servicios de banda ancha rápida y ultrarrápida, nos encontramos ante un panorama que supone una barrera importante por parte de los operadores al enfrentarse ante una inmensa mayoría del conjunto de viviendas (entre el 80% y el 90%) que no está lo suficientemente adecuado para el despliegue de infraestructuras de telecomunicaciones de estas características [73].

Existe un gran número de edificios, especialmente en las zonas céntricas de las ciudades, que no tienen servicio de fibra óptica porque no hay forma viable de instalar los equipos en su interior y, a pesar de la búsqueda de alternativas, el resultado es que no son viables técnicamente o no son aceptadas por parte de los propietarios dado que muestran disconformidad con el uso de la fachada para la instalación del cableado.

Además, se debe respetar los edificios que se encuentran bajo protección arquitectónica en su fachada, ya sea por parte de instituciones municipales, estatales o de patrimonio. En estos edificios la tarea de instalar elementos de cableado se complica debido a la necesidad de realizar taladros para fijar los cables, lo que puede dañar las fachadas.

4.2.1.3 ZONAS RURALES SIN CUBRIR

La existencia de desniveles en la cobertura de banda ancha y el desarrollo insuficiente de redes de banda ancha ultrarrápida en regiones con menos densidad de población es una barrera en los despliegues que afecta a todas las Comunidades Autónomas en mayor o menor medida. Aún en la actualidad persisten grandes desniveles en la cobertura de banda ancha rápida y ultrarrápida entre las regiones que pertenecen a zonas rurales [73].

Actualmente, las zonas rurales constituyen una inversión poco atractiva para los proveedores de servicios de banda ancha. El origen de esta situación es que las zonas rurales no son rentables para el despliegue de fibra óptica para los operadores dados los elevados costes que conllevan los despliegues. El retorno de inversión es pequeño en comparación a los amplios costes de inversión, dado que se necesita mucha inversión para dar servicio a muy pocos usuarios potenciales.

4.2.1.4 COMPETENCIAS DIGITALES

Según el Programa Nacional de Reformas de España [74], una de las principales barreras a superar es lograr una conectividad digital de primer nivel, es decir, seguir impulsando la adopción de las tecnologías digitales por parte de la población y las empresas, en particular, haciendo uso de las redes de alta capacidad.

Los insatisfactorios niveles de competencias digitales y alfabetización digital (p. ej., el 53,9 % de los ciudadanos de entre dieciséis y setenta y cuatro años cuenta con competencias digitales básicas, frente al 55,3 % que es la media de la UE) frenan los beneficios económicos de la inversión en tecnologías de la información y la comunicación por parte de las empresas y las autoridades públicas [73].

4.3 PROPUESTA DE ACTUACIÓN PARA MEJORAR LOS OBJETIVOS DE LA AGENDA DIGITAL EUROPEA EN 2020

Tal y como se analiza en el apartado (2.4.1.4 Agenda Digital Europea 2020) los objetivos marcados para España por la Unión Europea referentes a la conexión de al menos el 50% de los hogares conectados con una cobertura superior a los 100 Mbits/s y la cobertura del 50% de redes con tecnología FTTH se han alcanzado. Pero debemos ir más allá y seguir trabajando por el progreso de las redes de banda ancha.

La motivación para mejorar estos objetivos se basa en la prioridad de salvar la brecha digital existen mediante una mejora de la disponibilidad de infraestructura de red, el impulso de la demanda y la alfabetización tecnológica de la sociedad.

Por ello, en este apartado se formula un plan de actuación para mejorar los objetivos marcados en la Agenda, fomentando los facilitadores y eliminando las barreras analizados en el apartado anterior (4.2 Principales facilitadores y barreras en los despliegues de fibra óptica).

Para lograr estas mejoras, se proponen una serie de sugerencias en línea a la optimización de infraestructuras, el fomento del comercio electrónico y uso de la administración electrónica, la apuesta por la eficiencia y la innovación, la inversión en contenidos multimedia y el progreso de la educación tecnológica.

4.3.1 OPTIMIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS Y TECNOLOGÍA

Cada país cuenta con una realidad socioeconómica y demográfica distinta, por ello es importante adaptar las medidas que mejoren las infraestructuras de redes desplegadas y proyección de despliegue acorde a la situación de España. Aunque unos países apuesten más fuerte por los despliegues de banda ancha fija que por los despliegues de banda ancha móvil, en general lo que es más prioritario es capacitar a las zonas rurales de cobertura de alta velocidad.

Por ello, en la persecución de conseguir una mejor red de banda ancha desplegada en nuestro país, deben proporcionarse herramientas que ayuden la compartición de infraestructuras para reducir costes y permitir un mercado más competente con la inclusión de nuevos operadores.

Además, en España se prevén cambios que afectarán a la infraestructura de los despliegues de banda ancha, más concretamente en el caso de los nuevos estándares de banda ancha móvil nos encontramos ante un despliegue bastante extendido del estándar 4G que proporciona grandes velocidades de descarga y una amplia cobertura.

Como futuro próximo se va a realizar la apuesta por el 5G, previéndose su uso comercial para 2020. La competencia del 5G frente al 4G radica en el aumento de velocidad, permitiendo un mayor número de usuarios de banda ancha y la transmisión de una gran cantidad de contenidos de alta definición dado que hoy en día el usuario tiende cada vez más a hacer uso de varios dispositivos a la vez lo que requiere de una mayor velocidad de transmisión para poder seguir considerándose banda ancha.

En el caso de las comunicaciones fijas el uso de fibra óptica frente al par de cobre supone una ventaja de accesos por encima de los 100 Mbit/s. Esto, junto con la evolución de estándares como G.fast [75], va a permitir el despliegue sobre el bucle de abonado tradicional, sin necesidad de realizar las inversiones tan costosas que conlleva la instalación de fibra en los tramos finales.

Por tanto, se proponen acciones para fomentar la racionalización de la infraestructura:

- A nivel regulatorio, salvaguardando los principios de la competencia y la legislación, favorecer el despliegue de red en zonas rurales por asociación de operadores para reducir el coste de infraestructuras.
- A nivel de normativas técnicas, apostar por los despliegues de los nuevos estándares que permiten lograr mejores prestaciones haciendo uso de las canalizaciones ya existentes.
- Apoyo del Estado a los operadores que compartan sus infraestructuras bajo el programa MARCo en estas zonas, para conseguir una cobertura homogénea entre áreas urbanas y zonas rurales.
- Los programas de estimulación y subvenciones para zonas rurales, deben apostar por el despliegue de nuevas infraestructuras de redes de banda ancha en los lugares en los que la inversión por parte de los operadores y la inversión privada es arriesgada.
- Redactar condiciones estrictas, pero no prohibitivas, en las normativas sobre infraestructuras comunes en los despliegues de fibra en los edificios catalogados

de conservación de tipo cultural o patrimonial. Promover una serie de medidas que fomenten una gran mimetización en la instalación, reduciendo el impacto visual.

De esta forma, podrían vencerse las barreras sobre costes en los despliegues, edificios no preparados y zonas rurales sin cubrir, haciendo uso de los facilitadores analizados anteriormente sobre acuerdos de fusión entre operadores, coordinación de ayudas públicas, normativas sobre infraestructuras comunes, adaptación del programa MARCo y evolución de la tecnología.

4.3.2 FOMENTO DE LA ADMINISTRACIÓN Y EL COMERCIO ELECTRÓNICOS

El comercio online elimina las distancias con el cliente, ofrece una mayor competencia que el comercio tradicional y permite lanzar ofertas especializadas para cada tipo de cliente. La venta personalizada realizada con promociones focalizadas al gusto de cada consumidor conlleva el uso de gran cantidad de datos para conocer sus preferencias y una adaptación a lo que requiere el cliente de una manera instantánea como no se había conocido hasta el momento.

En la era de las ciudades inteligentes, usar dispositivos móviles como método de pago con tecnología NFC¹⁶, permite realizar transferencia de datos como en el caso de los programas piloto de pago con móvil. En algunos proyectos como el Cityzi, O2NFC o Shopping Sitges han conseguido haciendo uso de la tecnología NFC realizar compra y venta de pagos con móvil mediante transacciones rápidas, fáciles y seguras que han permitido un aumento en el comercio.

Por otro lado, para lograr una mejora de la administración electrónica y adoptar soluciones digitales para una prestación eficiente de servicios públicos, se necesitan una red de banda ancha lo suficientemente eficaz como para que permita una conexión igualitaria por parte de todos los ciudadanos.

Al aumentar el uso de la administración electrónica se obtiene una optimización del gasto público que permite seguir manteniendo la calidad de los servicios públicos a la par que se produce un ahorro de tiempo y costes.

¹⁶ **NFC** (*Near Field Communication*) es una tecnología de transmisión de corto alcance entre dos dispositivos mediante un campo magnético, permite utilizar tarjetas de crédito, relojes, máquinas de fotos y teléfonos móviles para, por ejemplo realizar pagos electrónicos.

La demanda creciente por parte de los ciudadanos de los servicios anteriores estimulará la utilización y el desarrollo de redes de banda ancha. Para lograr activar más estos sectores en España, se propone:

- Fortalecer la confianza de los usuarios en las transferencias electrónicas y el pago a través del móvil. La forma de lograr estos objetivos es la de impulsar a las entidades bancarias a invertir en medios electrónicos de pagos seguros y la realización de trámites ágiles en el caso de fraudes cometidos en compras por Internet.
- Premiar a las empresas que usan el entorno digital mediante las desgravaciones fiscales.
- Apostar en el comercio electrónico por las tecnologías que se basan en el uso de una red de banda ancha de calidad. En el caso de la fibra óptica, puede emplearse para conectar las estaciones base de las zonas más remotas para conseguir una transmisión de datos lo más fiable posible.
- Incentivar la formación de los emprendedores en nuevas tecnologías y diseñar plataformas para dar soporte a las PYMES que se lancen al comercio electrónico B2B¹⁷.
- Para fomentar el uso de la administración electrónica, se propone que el Estado eleve el conocimiento de los ciudadanos sobre las prestaciones de las herramientas disponibles para realizar trámites administrativos.
- Facilitar información del sector público al ciudadano para elevar su percepción de transparencia y además promover que las empresas desarrollen nuevas aplicaciones y servicios basados en esta información pública.
- Mejorar el aprendizaje de habilidades tecnológicas por parte de los trabajadores públicos mediante una formación más específica en este ámbito.

Por tanto, con las propuestas mencionadas para este sector, se pueden eliminar barreras relacionadas con edificios no preparados y bajas competencias digitales en el país, fomentando el facilitador de inversión en crecimiento y evolución de la tecnología mediante el uso de la administración y el comercio electrónicos.

¹⁷ **B2B** (*Business-to-business*) es la transmisión de información referente a transacciones comerciales, para enviar electrónicamente documentos tales como pedidos de compra o facturas.

4.3.3 APUESTA POR LA EFICIENCIA, INNOVACIÓN Y EMPRENDIMIENTO

El uso de la nube ha permitido a las personas pasar de usar un programa de software en formato físico o ubicado en el servidor de su edificio a acceder a las aplicaciones a través de Internet. Además, se hace uso de ella en acontecimientos diarios como la actualización de un estado de una red social, la comprobación del saldo de banco, la consulta de los datos consumidos con su teléfono móvil... en definitiva se ha convertido en algo cotidiano que ha sido posible gracias a los despliegues de banda ancha.

La capacidad de la nube está vinculada estrechamente con las redes de banda ancha desplegadas, en el caso de la fibra óptica esta puede aportar la agilidad necesaria para manejar tal magnitud de cantidad datos y lograr una gestión ágil de datos en la nube.

Para que este sector siga creciendo se recomienda modificaciones en la regulación que fomenten:

- La inversión por parte de las empresas en soluciones de recuperación de datos y backup para lograr una cierta seguridad sobre los datos que manejan y documentos que comparten, para así aumentar la confianza de pequeñas y medianas empresas en esta tecnología.
- Promover el uso de la nube, dado que proporciona ventajas para lograr un trabajo más flexible para los empleados y que pueden disfrutar de un equilibrio entre trabajo y vida personal. De esta forma se obtienen beneficios no sólo económicos sino también sociales.
- Fomentar las capacidades innovadoras de las empresas y emprendedores haciendo uso de las redes de banda ancha, lo que debe suponer una apuesta por parte del Estado y entidades financieras en la inversión de desarrollo de soluciones alternativas a la demanda de necesidades de la sociedad actual. Estas soluciones pueden ser aquellas relacionados con el desarrollo de apps y productos que faciliten servicios de conexión global que reviertan en una sociedad de innovación y emprendimiento.
- Promover el espíritu innovador en los planes de estudio, desde actividades que permitan en los institutos desarrollar la creatividad y el pensamiento crítico

hasta la mejora de convenios de cooperación entre universidad y empresas para formar profesionales que investiguen y reviertan conocimiento a nuestro país, ganando competitividad y eficiencia.

Todas las medidas mencionadas anteriormente, tienen como propósito lograr subsanar la barrera del bajo nivel de competencias digitales con la inversión en eficiencia, innovación y emprendimiento.

4.3.4 INVERSIÓN EN CONTENIDOS MULTIMEDIA Y APUESTA POR LA EDUCACIÓN TECNOLÓGICA

En la actualidad los sistemas multimedia admiten una interacción con los contenidos que permite controlar lo que se desea ver y cuando, por tanto se eliminan las barreras de la presentación lineal de información y se establece una estructura de navegación sobre el flujo de información.

La inversión en contenidos multimedia permite la mejora del aprendizaje dado que se trata de una comunicación que hace uso de varios canales, tal y como funciona la comunicación humana. Además de los beneficios sociales, repercute en la activación económica del sector de las telecomunicaciones con la necesidad de adquisición de material e infraestructura tecnológica que permita la reproducción local en dispositivos personales.

El apoyo al sector de generación de contenidos audiovisuales repercute en los despliegues de banda ancha dado que estos soportan la interactividad y la industria del entretenimiento. Con el uso de redes de banda ancha basadas en fibra óptica se logra gestionar archivos voluminosos como son los contenidos generados por los usuarios en el día a día.

Para mejorar los objetivos propuestos para este sector en el ámbito técnico, se propone:

- La realización de fichas técnicas más completas en todos los dispositivos electrónicos que necesiten acceso a Internet, dónde se refleje la conexión de banda ancha necesaria para su correcto funcionamiento.

- La disponibilidad de más prototipos de estos dispositivos electrónicos en los comercios, que sean accesibles por los usuarios para realizar pruebas previas a la adquisición definitiva de los terminales.

De esta forma se lograría que el usuario conozca previamente las especificaciones necesarias de la banda ancha que necesita su dispositivo y se fomentaría la demanda de redes de banda ancha basadas en fibra óptica.

En el ámbito de la educación, la enseñanza basada en vídeo es una actividad cada vez más desarrollada en el día a día de los centros educativos. Esto permite que el estudiante tenga un aprendizaje más flexible, pudiendo acceder a los contenidos cuando, donde y como quieran.

Por otro lado, el aprendizaje de habilidades tecnológicas se encuentra muy demandado en la actualidad en la mayor parte de los empleos por lo que se propone:

- La inversión por parte de las empresas en más colaboraciones con la universidad.
- Realizar un currículo escolar que diste menos de la situación laboral existen donde los perfiles tecnológicos son muy demandados.
- Promover el espíritu emprendedor en los más jóvenes.

Además con el impulso de las redes de banda ancha de gran capacidad, como es el caso de las basadas en fibra óptica, se tiene acceso a:

- Una enseñanza de calidad como es el caso de los cursos abiertos disponibles en red de universidades prestigiosas.
- La posibilidad de tener a las universidades conectadas en red.
- El objetivo de estas medidas es hacer hincapié en las oportunidades que ofrecen los facilitadores de inversión en crecimiento y empleo junto con la evolución de la tecnología para combatir la barrera de las bajas competencias digitales que existen en nuestro país.

4.3.5 FACILITADORES, BARRERAS Y MEDIDAS RELACIONADAS

A continuación, se muestra un cuadro resumen donde se sintetiza a que facilitador y barrera afecta cada una de las propuestas realizadas (Tabla 4):

TABLA 4 PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Optimización de infraestructuras y tecnología		
Barrera	Facilitador	Medida
Zonas rurales sin cubrir	Acuerdos de fusión entre operadores	Favorecer el despliegue de red en zonas rurales por asociación de operadores para reducir el coste de infraestructuras
	Coordinación de ayudas públicas	Programas de estimulación y subvenciones para zonas rurales donde la inversión es arriesgada
	Adaptación programa MARCo	Ayudas por parte del Estado a los operadores que compartan sus infraestructuras
Edificios no preparados	Normativas sobre infraestructuras comunes	En edificios de interés cultural o patrimonial, mimetizar la instalación, reduciendo el impacto visual
Costes en los despliegues	Evolución de la tecnología	Apostar por los despliegues de los nuevos estándares que permiten lograr mejores prestaciones haciendo uso de las canalizaciones ya existentes
Fomento de la administración y comercio electrónicos		
Barrera	Facilitador	Medida
Edificios no preparados	Evolución de la tecnología	La fibra óptica puede emplearse para conectar las estaciones base de las zonas más remotas para conseguir una transmisión de datos lo más fiable posible

Competencias digitales	Inversión en crecimiento y empleo	Fortalecer la confianza de los usuarios en las transferencias electrónica y el pago a través del móvil
		Impulsar a las entidades bancarias a invertir en medios electrónicos de pagos seguros
		La realización de trámites ágiles en el caso de fraudes cometidos en compras por Internet
		Premiar a las empresas que usan el entorno digital mediante las desgravaciones fiscales
		Incentivar la formación de los emprendedores en nuevas tecnologías
		Elevar el conocimiento de los ciudadanos sobre las prestaciones de las herramientas disponibles para realizar trámites administrativos
		Facilitar información del sector público al ciudadano para elevar su percepción de transparencia
		Mejorar el aprendizaje de habilidades tecnológicas por parte de los trabajadores públicos mediante una formación más específica en este ámbito
	Evolución de la tecnología	Diseñar plataformas para dar soporte a las PYMES que se lancen al comercio electrónico B2B
		Promover que las empresas desarrollen nuevas aplicaciones y servicios basados en esta información pública

Apuesta por la eficiencia, innovación y emprendimiento		
Barrera	Facilitador	Medida
Competencias digitales	Inversión en crecimiento y empleo	La inversión por parte de las empresas en soluciones de recuperación de datos y backup
		El uso de la nube, dado que proporciona ventajas para lograr un trabajo más flexible
		Desarrollo de apps faciliten la conexión global
		Promover el espíritu innovador en los planes de estudio
Inversión en contenidos multimedia y apuesta por la educación tecnológica		
Barrera	Facilitador	Medida
Competencias digitales	Inversión en crecimiento y empleo	La inversión por parte de las empresas en más colaboraciones con la universidad
		Realizar un currículo escolar que diste menos de la situación laboral existente
		Acceso a los cursos abiertos disponibles en red de universidades prestigiosas
		La posibilidad de tener a las universidades conectadas en red
	Evolución de la tecnología	La realización de fichas técnicas más completas en todos los dispositivos con acceso a Internet
		La disponibilidad de más prototipos de dispositivos electrónicos en los comercio

Fuente: Elaboración propia

5. PLANIFICACIÓN DE PROYECTO

El presente trabajo evalúa un proyecto de consultoría en el que se analiza el marco regulatorio y normativo en los despliegues de redes de banda ancha de fibra óptica hasta el hogar, con el propósito de realizar recomendaciones para favorecer y mejorar el desarrollo de las mismas.

Este capítulo contiene en primer lugar la planificación y presupuesto del Trabajo Fin de Grado. Se indican las tareas y calendario de la planificación de las mismas así como los cálculos de los costes asociados a la realización del proyecto. Se proporciona un presupuesto general de los costes del trabajo que desglosa los costes directos en materiales empleados y los honorarios correspondientes a los recursos humanos, así como los costes indirectos y el presupuesto total.

5.1 PLANIFICACIÓN

La planificación se plantea con cierta flexibilidad de tiempos para tener un margen de seguridad respecto a la fecha límite de entrega. La fase de elaboración de la memoria ha sido la que más tiempo ha requerido junto con la búsqueda de información y contrastación de las fuentes.

A continuación se muestra la planificación temporal con el desglose de tareas.

ILUSTRACIÓN 10 PLANIFICACIÓN TEMPORAL

	MESES											
	2016						2017					
	NOVIEMBRE		DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO	
	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
FASE 1: Planteamiento del problema												
1. Búsqueda de información												
2. Análisis de documentación												
FASE 2: Diseño del guión												
3. Creación del índice												
FASE 3: Desarrollo del estudio												
4. Estudio y documentación												
5. Revisión final												

5.2 COSTES Y PRESUPUESTO

COSTES DIRECTOS

- Costes materiales

Los recursos materiales necesarios en este trabajo aparecen detallados a continuación:

- Espacio de trabajo: Se estima un gasto asociado a los costes de electricidad, mantenimiento, mobiliario y material fungible. El espacio de trabajo tiene un coste de 300 € mensuales. Por tener una duración total el desarrollo del proyecto de 3 meses, los costes totales ascienden a 900 €.
- Ordenador personal: Empleado para la recopilación y análisis de la documentación junto con la redacción y presentación del trabajo. El valor aproximado del equipo asciende a los 1000 €, por lo que el coste asociado a la amortización por el periodo de uso de 3 meses asciende a 50 €.
- Conexión Internet: El coste de la tarifa de Internet necesaria para la búsqueda de información asciende a 30 € mensuales. Al tener una duración de 3 meses el desarrollo del trabajo, el gasto asciende a los 90 €.
- Material de oficina: En este gasto se contempla los costes asociados a impresiones en torno a los 30 €.

En la Tabla 5 aparecen reflejados los costes materiales asociados al proyecto.

TABLA 5 COSTES MATERIALES

Descripción	Coste imputable
Lugar de trabajo	900 €
Ordenador personal	50 €
Conexión Internet	90 €
Material oficina	30 €
Total Material	1070 €

- Coste personal

Para poder establecer el presupuesto asociado a los honorarios correspondientes a las personas a cargo de este trabajo, es necesario tener en cuenta la duración del proyecto y las horas de trabajo realizadas.

La dedicación diaria de aproximadamente 5 horas durante 5 días a la semana durante 3 meses da un resultado de 300 horas.

Los honorarios correspondientes a un Ingeniero de Telecomunicaciones ascienden a unos 30 €/hora, por lo que si se tiene en cuenta las 300 horas invertidas, el coste asociado al ingeniero que realiza el trabajo asciende a 9.000 €.

Respecto a los honorarios de la dirección del proyecto, se establece un coste de 70 €/hora, que por 30 horas trabajadas hace un total de 2.100 €.

En la Tabla 6 aparecen reflejados los honorarios correspondientes al director e ingeniero que realizan el presente proyecto.

TABLA 6 COSTES PERSONALES

Nombre y apellidos	Honorarios
Beatriz García-Miguel López	9.000 €
Raquel Pérez Leal	2.100 €
Total Personal	11.100 €

PRESUPUESTO FINAL

Considerando los costes materiales y personales detallados anteriormente dentro de los costes directos y el cálculo de los costes indirectos como un 15% de los costes directos de personal, se proporciona un presupuesto total que se muestra en la Tabla 7.

TABLA 7 PRESUPUESTO FINAL DEL TRABAJO FIN DE GRADO

CONCEPTO	COSTE TOTAL
Coste material	1.070 €
Coste personal	11.100 €
Costes directos	12.170 €
Costes indirectos	1.665 €
Subtotal	13.835 €
IVA (21 %)	2.905,35 €
TOTAL	16.740,35 €

El presupuesto total del Trabajo Fin de Grado asciende a DIECISEIS MIL SETECIENTOS CUARENTA CON TREINTA Y CINCO EUROS, incluido IVA

6. CONCLUSIONES

El análisis de la regulación y normativa existente referente a los despliegues de fibra óptica hasta el hogar, es de vital importancia. Es relevante entender, comprender y saber manejar adecuadamente las leyes y normas técnicas para poder analizar los facilitadores y barreras ante los que nos encontramos en la actualidad.

Se puede afirmar que todos los objetivos propuestos en el trabajo han sido abordados, haciendo un especial hincapié en los relativos a:

- Comparativa técnica de las redes desplegadas en España respecto al resto de Europa: como núcleo del trabajo se ha analizado la posición de España en el entorno europeo en los despliegues de fibra óptica, realizando una comparativa con el resto de la Unión Europea en cuanto a tecnologías desplegadas, número de líneas de banda ancha fija, impacto económico de las redes de banda ancha y un análisis de los estándares desplegados y su visión de futuro.
- Análisis socio-económico: primero se ha realizado un estudio del impacto de la normativa técnica y la regulación del acceso de banda ancha de fibra óptica en el propio sector de telecomunicaciones y después para los despliegues de acceso de banda ancha de fibra óptica en la economía y la sociedad en general
- Determinación de barreras y facilitadores en los despliegues de fibra: se han examinado los elementos más influyentes en el ámbito de los despliegues de redes de FTTH que son claves a la hora de entender su crecimiento y evolución.

Se puede marcar este último objetivo como el eje central de presente proyecto, en el cual se concluye que los puntos de actuación a mejorar y potenciar son:

- Programa MARCo: su objetivo es establecer los criterios técnicos para poder hacer uso de la infraestructura de obra civil, sobre la que tiene derecho de uso el operador con poder significativo en el mercado, por parte de otros operadores de telecomunicaciones. De esta forma, se logra reducir una de las principales barreras en los despliegues de fibra óptica, la inversión en obra civil.
- Acuerdos para la fusión de operadores: las uniones entre operadores sucedidas en España deben estar controladas para seguir manteniendo un mercado con la

suficiente competencia, por ello es necesario llegar a unos acuerdos mínimos para que la Comisión Europea permita estas alianzas.

- Coordinación de ayudas públicas: la cohesión de medidas llevadas a cabo por las diferentes Administraciones Públicas, permite lograr el cumplimiento de las Directrices de la Unión Europea mediante el uso de ayudas estatales o europeas, como el Fondo de Desarrollo Regional.
- Normativa sobre infraestructuras comunes: la regulación sobre el uso de canalizaciones subterráneas, fachadas de edificios o el interior de las edificaciones facilita la libre competencia de la actividad de los despliegues de fibra óptica.
- Inversión en crecimiento y empleo: la apuesta por una sociedad inteligente, sostenible e integradora, debe alcanzarse mediante la inversión en I+D, que en el caso de Europa se establece en el 3% del PIB para 2020 y en el caso de España en el 2% del PIB.
- Evolución de la tecnología: el uso de fibra óptica en lugar de pares de cobre para las redes de datos, supone grandes beneficios como es la reducción del equipamiento de telecomunicaciones, menor consumo energético, mayores prestaciones y menos atenuaciones.

Respecto a las barreras identificadas que suponen un obstáculo para los despliegues de fibra óptica en España, destacan las relacionadas con:

- Costes en los despliegues: el último tramo de acceso hasta el usuario final de los despliegues de fibra óptica suponen el mayor coste de inversión por parte de las operadoras. Se estima que hasta el 80% de los costes totales del despliegue de una red de banda ancha se encuentra asociado a la prestación de este servicio.
- Edificaciones no preparadas: se estima que entre el 80 y el 90% del conjunto de nuevas edificaciones no se encuentra preparado para el despliegue de infraestructuras de redes de banda ancha de fibra óptica, por tanto es necesario una inversión por parte de los operadores para proporcionar cobertura de este tipo. Además, se debe tener en cuenta los casos de edificios con algún tipo de restricción por protección arquitectónica, como es el caso del centro histórico de varias ciudades españolas, en las cuales no es posible llevar a cabo una

instalación aérea con cables en la fachada por motivos estéticos o de posible daño de patrimonio.

- Zonas rurales sin cubrir: la falta de homogenización en los despliegues de fibra óptica en España está muy marcada por los desniveles existentes entre las áreas urbanas y las zonas rurales. Esto se debe al bajo retorno de inversión que obtienen los operadores que despliegan en estas zonas porque no son potenciales consumidores.
- Competencias digitales: España se encuentra por debajo de la media europea en competencias digitales básicas y eso se traduce en una menor inversión por parte de las empresas y autoridades públicas en tecnología accesible para toda la sociedad.

RESULTADOS

Los objetivos de la Agenda Digital Europea 2020 para España sobre alcanzar una conexión de al menos un 50% de los hogares con cobertura superior a 100 Mbit/s y la cobertura del 50% con redes de fibra óptica ya se ha alcanzado a día de hoy. Por este motivo, los próximos objetivos deben ser aún más ambiciosos.

Como resultado del trabajo, se presentan una serie de recomendaciones para mejorar los objetivos establecidos para España en la Agenda Digital Europea en 2020. El plan de actuación propuesto fomenta los facilitadores y elimine las barreras descritas en los despliegues de FTTH, para lograr progresos en educación, sanidad y gobierno, además de objetivos a largo plazo como la reducción de la brecha digital.

Los resultados que a continuación se enumeran tienen una clara repercusión en el ámbito social, económico y técnico, de gran utilidad para el desarrollo de los despliegues de fibra óptica:

- Optimización de infraestructuras y tecnología: se plantea la apuesta por la compartición de infraestructuras para reducir costes, el uso de fibra óptica que permita accesos de 100 Mbit/s y la adaptación a la evolución de los nuevos estándares como XG-PON y WDM-PON.
- Fomento del comercio electrónico: se debe fortalecer la confianza de los consumidores en las compras online y el pago a través del móvil.

- Apuesta por la eficiencia, innovación y emprendimiento: se recomienda a las empresas invertir en la nube, el teletrabajo y el desarrollo de aplicaciones que faciliten la interconexión social junto con más convenios empresa-universidad.
- Inversión en contenidos multimedia: el aumento de dispositivos para la reproducción de archivos multimedia y acceso a los medios audiovisuales conlleva una perspectiva muy próspera para el sector. Para una correcta gestión de los contenidos audiovisuales se necesitan unas redes de banda ancha lo suficientemente potentes.
- Uso de la administración electrónica: se propone mejorar el acceso a los servicios administrativos electrónicos, aumentando la información sobre las herramientas disponibles para gestiones de los ciudadanos, la publicación de más datos de interés social y el fomento de las habilidades tecnológicas de los trabajadores públicos.
- Apuesta por la educación tecnológica: los conocimientos tecnológicos están muy demandados en el mercado laboral por lo que promover el espíritu emprendedor y el acceso a contenidos educativos de calidad mediante universidades conectadas en red, favorece la creación de talento y conocimiento.

LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO

En cuanto a las líneas de trabajo futuro que pueden ser seguidas, se proponen:

- Evaluación de los progresos alcanzados en los despliegues de fibra óptica, si se hace uso de las medidas expuestas sobre la eliminación de barreras y fomento de los facilitadores en los despliegues.
- Realizar estudios similares en el momento que se disponga de datos sobre la implementación de los nuevos estándares de fibra óptica como XG-PON y WDM-PON en España.

GLOSARIO

3G	Third Generation
3GPP	Third Generation Partnership Project
5G	Five Generation
10G-EPON	10 Gbit/s Ethernet Passive Optical Network
10G-PON	10 Gbit/s Passive Optical Network
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
ANR	Autoridad Nacional de Regulación
APON	ATM Passive Optical Network
ASON	Active Optical Networks
ATM	Asynchronous Transfer Mode
B2B	Business-to-business
BEREC	Body of European Regulators for Electronic Communications
BPON	Broadband PON
CAT5	Cable par trenzado sin blindaje clase 5
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
CoS	Class of Service
DBA	Dynamic Bandwidth Allocation
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
DSL	Digital Subscriber Line
DVB-S	Digital Video Broadcasting by Satellite
DVB-RSC	Digital Video Broadcasting – Return Channel Satellite
EFM	Ethernet in the First Mile

EPON	Ethernet Passive Optical Network
FCC	Federal Communications Commision
FSAN	Full Service Access Network
FTTB	Fiber to the Building
FTTC	Fiber to the Curb
FTTH	Fiber to the Home
FTTN	Fiber to the Node
FTTx	Fiber to the x
GEM	GPON Encapsulation Method
GEPON	Gigabit Ethernet PON
GPON	Gigabit-capable Passive Optical Networ
GSM	Global System for Mobile communications
HD	High Definition
HFC	Hybrid Fiber Coaxial
IDI	Índice de Desarrollo de las TIC
I+D+i	Investigación Desarrollo e innovación
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPTV	Internet Protocol Television
ITU	International Telecommunication Union
LTE	Long-Term Evolution
MPEG-2	Moving Picture Experts Group-2
MSO	Multimedia Services Operator
NEBA	Nuevo servicio Ethernet de Banda Ancha
NGA	New Generation Access Networks

NGN-PON	Newt Generation Network-PON
OBA	Oferta de Acceso al Bucle de Abonado
ODN	Optical Distribution Network
OLT	Optical Line Termination
ONT	Optical Network Termination
ONUs	Optical Network Unit
ORECE	Organismo de Reguladores Europeos de las Comunicaciones Electrónicas
PIB	Producto Interior Bruto
PON	Passive Optical Networks
PSM	Poder Significativo de Mercado
SDSL	Symmetric Digital Subscriber Line
SIM	Subscriber Identity Module
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
VDSL	Very high-speed Digital Subscriber Line
VoIP	Voice over IP
WDM-PON	Wavelength Division Multiplexing-PON
WIMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
xDSL	Digital Subscriber Line
XG-PON	10 Gbit/s Passive Optical Network
XGS-PON	10 Gbit/s Symmetric Passive Optical Network

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Parlamento Europeo, «Una Agenda Digital para Europa», septiembre 2016. [En línea]. Disponible: http://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/es/FTU_5.9.3.pdf. [Último acceso: 25 enero 2017].
- [2] M. Álvarez-Campana, J. Berrocal, F. González, R. Pérez, I. Román y E. Vázquez. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. «Tecnologías de Banda Ancha y Convergencia de Redes», Ed., 978-84-96275-85-0, 2009.
- [3] ITU, «Chapter Seven: Case Study—How ITU’s Broadband Standards Improve Access to the Internet», 4 abril 2011. [En línea]. Disponible: http://www.itu.int/osg/spu/ip/chapter_seven.html. [Último acceso: 10 enero 2017].
- [4] FibreSystems, «Nokia and Deutsche Telekom check out 10Gb/s XG-FAST», 8 febrero 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.fibre-systems.com/news/story/nokia-and-deutsche-telekom-check-out-10gbs-xg-fast>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [5] Nokia Alcatel Lucent, «Alcatel-Lucent sets new world record broadband speed of 10 Gbps for transmission of data over traditional copper telephone lines», 9 julio 2014. [En línea]. Disponible: <https://prd-www-origin.alcatel-lucent.com/press/2014/alcatel-lucent-sets-new-world-record-broadband-speed-10-gbps-transmission-data-over-traditional>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [6] adslzone, «Arranca el despliegue de DOCSIS 3.1 para ofrecer 1 Gbps simétrico en la red Vodafone ONO», 9 enero 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.adslzone.net/2017/01/09/arranca-despliegue-docsis-3-1-ofrecer-1-gbps-simetrico-la-red-vodafone-ono/>. [Último acceso: 10 enero 2017].
- [7] S. Ahmadi, «Mobile WiMAX: A Systems Approach to Understanding IEEE 802.16m Radio Access Technology», Academic Press, 2010.

- [8] Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación, «Los Ingenieros de Telecomunicación y el día de Internet», [En línea]. Disponible: http://www.coitaoc.org/files/estudios/tecnologia_facil_7aba8393.pdf. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [9] DVB, «DVB Standards», [En línea]. Disponible: <https://www.dvb.org/standards>. [Último acceso: 10 enero 2017].
- [10] A. Damnjanovic et al. «A survey on 3GPP heterogeneous networks», 16 junio 2011. [En línea]. Disponible: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5876496/>. [Último acceso: 20 enero 2017].
- [11] H. Holma y A. Toskala, «WCDMA for UMTS: Radio Access for Third Generation Mobile Communications», John Wiley & Sons, 2004.
- [12] Umts Forum, «LTE Mobile Broadband Ecosystem: the Global Opportunity», [En línea]. Disponible: http://www.ums-forum.org/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,2138/Itemid,12/. [Último acceso: 10 enero 2017].
- [13] T. S. Rappaport et al, «Millimeter Wave Mobile Communications for 5G», Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2013.2260813, 2013.
- [14] HFC Technology, «Redes PON», [En línea]. Disponible: <http://www.hfc.technology/redes-pon/>.
- [15] G. Keiser, «FTTX Concepts and Applications», John Wiley & Sons, 2006.
- [16] M. Torrez, «Redes EPON y GPON», agosto 2013. [En línea]. Disponible: <http://epongpon.blogspot.com.es/>. [Último acceso: 18 febrero 2017].
- [17] ITU, «G.984.1 : Redes ópticas pasivas con capacidad de Gigabits: Características generales», [En línea]. Disponible: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.984.1/es>. [Último acceso: 10 enero 2017].

- [18] IEEE, «IEEE Standard for Information technology 802.3ah», 2004. [En línea]. Disponible: http://www.ieee802.org/21/doctree/2006_Meeting_Docs/2006-11_meeting_docs/802.3ah-2004.pdf.
- [19] M. L. Bonilla y E. Moschim, «Estudio comparativo de redes GPON y EPON», 2009. [En línea]. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4732651.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [20] Ofcom, «Review of the wholesale local access market», 23 marzo 2010. [En línea]. Disponible: https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0017/33605/Review-of-the-wholesale-local-access-market-.pdf. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [21] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/21/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Directiva MARCO», 7 marzo 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/108/L00033-00050.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [22] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/20/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Directiva Autorización», 7 marzo 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/108/L00021-00032.pdf>. [Último acceso: 2016 diciembre 30].
- [23] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/19/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Directiva de acceso», 7 marzo 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/108/L00007-00020.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [24] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/22/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Directiva servicio universal», 7 marzo 2002. [En línea]. Disponible: <https://web.aoc.cat/wp-content/uploads/2014/09/directiva-2002-22-DOUE.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].

- [25] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/58/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO. Directiva sobre la privacidad y las comunicaciones electrónicas», 12 julio 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/201/L00037-00047.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [26] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DECISIÓN No 676/2002/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO», 7 marzo 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/108/L00001-00006.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [27] Diario Oficial de las Comunidades Europeas, «DIRECTIVA 2002/77/CE DE LA COMISIÓN. Relativa a la competencia en los mercados de redes y servicios de comunicaciones electrónicas», 12 septiembre 2002. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2002/249/L00021-00026.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [28] Diario Oficial de la Unión Europea, «DECISIÓN DE LA COMISIÓN. Relativa al conjunto mínimo de líneas arrendadas con características armonizadas y las correspondientes», 24 julio 2003. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2003/186/L00043-00045.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [29] Diario Oficial de la Unión Europea, «DECISIÓN DE LA COMISIÓN. Modifica la Decisión 2002/627/CE, por la que se establece el Grupo de entidades reguladoras», 6 diciembre 2007. [En línea]. Disponible: <http://www.boe.es/doue/2007/323/L00043-00044.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [30] Diario Oficial de la Unión Europea, «RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN (2007/879/CE)», 17 diciembre 2007. [En línea]. Disponible: <http://www.boe.es/doue/2007/344/L00065-00069.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [31] European Commission, «Commission proposes a single European Telecoms

Market for 500 million consumers», 13 noviembre 2007. [En línea]. Disponible: http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/itemlongdetail.cfm?item_id=3701. [Último acceso: 11 enero 2017].

- [32] European Commission, «Acuerdo sobre la reforma de las telecomunicaciones de la UE», 9 noviembre 2009. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-09-491_en.htm?locale=en. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [33] Diario Oficial de la Unión Europea, «DIRECTIVA 2009/136/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO», 25 noviembre 2009. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2009/337/L00011-00036.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [34] Diario Oficial de la Unión Europea, «DIRECTIVA 2009/140/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO», 25 noviembre 2009. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2009/337/L00037-00069.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [35] Diario Oficial de la Unión Europea, «Recomendación de la comisión (2010/572/UE)», 20 septiembre 2010. [En línea]. Disponible: <http://www.boe.es/doue/2010/251/L00035-00048.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [36] Diario Oficial de la Unión Europea, «Comunicación de la Comisión 2013/C 25/01», 26 enero 2013. [En línea]. Disponible: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52013XC0126\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52013XC0126(01)). [Último acceso: 11 enero 2017].
- [37] Diario Oficial de la Unión Europea, «DIRECTIVA 2014/61/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO», 25 mayo 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2014/155/L00001-00014.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [38] Diario Oficial de la Unión Europea, «REGLAMENTO (UE) N° 651/2014 DE LA COMISIÓN», 17 junio 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/doue/2014/187/L00001-00078.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].

2017].

- [39] EUR-Lex, «Agenda Digital para Europa», 25 mayo 2010. [En línea]. Disponible: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=URISERV%3Aasi0016>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [40] ONTSI. «Indicadores destacados de la Sociedad de la Información en España (diciembre 2016)», diciembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.ontsi.red.es/ontsi/sites/ontsi/files/Indicadores%20Destacados%20diciembre%202016.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [41] BOE, «Real Decreto 346/2011, de 11 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento regulador de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones para el acceso a los servicios de telecomunicación en el interior de las edificaciones», 11 marzo 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/boe/dias/2011/04/01/pdfs/BOE-A-2011-5834.pdf>. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [42] BOE, «Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones», 10 mayo 2014. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-4950-consolidado.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [43] BOE, «Real Decreto 462/2015», 5 junio 2015. [En línea]. Disponible: <https://boe.es/boe/dias/2015/06/16/pdfs/BOE-A-2015-6646.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [44] BOE, «Real Decreto 330/2016», 9 septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/boe/dias/2016/09/15/pdfs/BOE-A-2016-8429.pdf>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [45] CNMC, «Nueva regulación para los mercados de banda ancha» 19 diciembre 2014. [En línea]. Disponible: <https://blog.cnmc.es/2014/12/19/nueva-regulacion-para-los-mercados-de-la-banda-ancha/>. [Último acceso: 8 enero 2017].
- [46] Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, «Agenda Digital para España», [En línea]. Disponible: <http://www.agendadigital.gob.es/digital->

agenda/Paginas/digital-agenda-spain.aspx. [Último acceso: 30 diciembre 2016].

- [47] Eurostat, «Estadísticas sobre la sociedad de la información - Hogares y particulares», junio 2015. [En línea]. Disponible: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Information_society_statistics_-_households_and_individuals/es. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [48] European Commission, «Un mercado único digital para Europa: la Comisión establece 16 iniciativas para conseguirlo», 6 mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4919_es.htm. [Último acceso: 13 enero 2017].
- [49] European Commision, «La conectividad pra un mercado único digital competitivo - hacia una sociedad europea del Gigabit», 14 septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=COM:2016:587:FIN>. [Último acceso: 11 enero 2017].
- [50] CNMC, «Informe económico y sectorial de las Telecomunicaciones y el Audiovisual», 2016. [En línea]. Disponible: <http://data.cnmc.es/datagraph/files/Informe%20Telecos%20y%20Audiovisual%202016.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [51] CNMC, «Servicio Mayorista de Acceso a Registros y Conductos (MARCo)», 18 mayo 2011. [En línea]. Disponible: <https://telecos.cnmc.es/marco>. [Último acceso: 8 enero 2017].
- [52] European Commission, «Broadband Coverage in Europe 2015», 2016. [En línea]. Disponible: http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=17842. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [53] European Commission, «Commission approves acquisition of ONO by Vodafone», 14 julio 2014. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-14-772_en.htm. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [54] European Commision, «Mergers: Commission clears acquisition of Jazztel by

Orange, subject to conditions», 19 mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4997_en.htm. [Último acceso: 17 enero 2017].

- [55] Ministerio de Industria, Energía y Turismo, «Cobertura de banda ancha en España en el primer trimestre de 2016», mayo 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.minetad.gob.es/telecomunicaciones/banda-ancha/cobertura/Documents/Cobertura-BA-1Trimestre2016.pdf>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [56] Ericsson, «Ensuring the future of your fiber access», mayo 2011. [En línea]. Disponible: http://www.ramonmillan.com/documentos/bibliografia/EnsuringTheFutureOfYourFiberAccess_Ericsson.pdf. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [57] European Commission, «Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society», septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A52016SC0300>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [58] ITUnewslog, «ITU-T achieves industry first with new standards for 40 Gbit/s fibre to the home», marzo 2016. [En línea]. Disponible: <http://newslog.itu.int/archives/1212>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [59] C. Valero, «Vodafone prueba en España una tecnología que permite alcanzar 40 Gbps con fibra óptica», 22 julio 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.adslzone.net/2015/07/22/vodafone-prueba-en-espana-una-tecnologia-que-permite-alcanzar-40-gbps-con-fibra-optica/>. [Último acceso: 17 febrero 2017].
- [60] ITU, «G.9807.1 : 10-Gigabit-capable symmetric passive optical network (XGS-PON)», junio 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.9807.1/en>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [61] La vanguardia, «Telefónica prueba con éxito la tecnología de fibra XGS-PON de nueva generación de Nokia», 1 diciembre 2016. [En línea]. Disponible:

<http://www.lavanguardia.com/vida/20161201/412318285743/telefonica-prueba-con-exito-la-tecnologia-de-fibra-xgs-pon-de-nueva-generacion-de-nokia.htm>.

[Último acceso: 11 febrero 2017].

- [62] Broadband Commision, «The State of Broadband: Broadband catalyzing sustainable development», septiembre 2016. [En línea]. Disponible: http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/pol/S-POL-BROADBAND.17-2016-PDF-E.pdf. [Último acceso: 9 febrero 2017].
- [63] P. Patel, «La banda ancha mejora el PIB», 22 octubre 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/mundo-digital/la-banda-ancha-mejora-el-pib-1419565.html>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [64] P. Patel, «Aumentar la banda ancha repercute directamente en el PIB de los países», 7 octubre 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.adslayuda.com/2015/10/07/aumentar-la-banda-ancha-repercute-directamente-en-el-pib-de-los-paises/>. [Último acceso: 11 febrero 2017].
- [65] ITU, «Measuring the Information Society Report», 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Pages/publications/mis2016.aspx>. [Último acceso: 15 febrero 2017].
- [66] Comisión Europea, «Mergers: Commission continues its investigation of the Orange / Jazztel merger without referral to Spain», 26 enero 2015. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-3680_en.htm. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [67] Comisión Europea, «Mergers: Commission clears acquisition of Jazztel by Orange, subject to conditions», 19 mayo 2015. [En línea]. Disponible: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-4997_en.htm. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [68] BOE, «Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas», 1 octubre 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/02/pdfs/BOE-A-2015-10565.pdf>. [Último

acceso: 17 enero 2017].

- [69] Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, «Memoria abreviada de análisis del impacto del Proyecto de real decreto 462/2015», 18 febrero 2015. [En línea]. Disponible: http://servicios.mpr.es/seacyp/search_def_asp.aspx?crypt=xh%8A%8Aw%98%85d%A2%B0%8DNs%90%8C%8An%87%A2%7F%8B%99to%81vi%A3%92. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [70] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, «Normativa de las infraestructuras comunes de telecomunicaciones», 2011. [En línea]. Disponible: <https://www.coit.es/node/30114/recursos/normativa-de-las-infraestructuras-comunes-de-telecomunicaciones-ict-version>. [Último acceso: 17 enero 2017].
- [71] Dirección General de Fondos Comunitarios, «Programa Operativo en el Marco del Objetivo de Inversión y Crecimiento y Empleo», 12 febrero 2015. [En línea]. Disponible: http://www.dgfc.sepg.minhap.gob.es/sitios/dgfc/es-ES/ipr/fcp1420/p/Prog_Op_Plurirregionales/Documents/PO_Crec_Int._Dec_Ane x1_Anex2.pdf. [Último acceso: 19 enero 2017].
- [72] CNMC, «Resolución por la cual se aprueba la definición y análisis del mercado de acceso local al por mayor facilitando en una ubicación fija y los mercados de acceso de banda ancha al por mayor», 24 febrero 2016. [En línea]. Disponible: https://www.cnmc.es/Portals/0/Ficheros/Telecomunicaciones/Resoluciones/2016/1603_Marzo/20160224_ANME_DTSA_2154_14_MERCADOS_3a_3b_4.pdf. [Último acceso: 19 enero 2017].
- [73] Comisión Europea, «Informe sobre España 2016, con un examen exhaustivo relativo a la prevención y la corrección de los desequilibrios macroeconómicos», 26 febrero 2016. [En línea]. Disponible: http://ec.europa.eu/europe2020/pdf/csr2016/cr2016_spain_es.pdf. [Último acceso: 19 enero 2017].
- [74] Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, «Programa Nacional de Reformas en España», 2016. [En línea]. Disponible:

http://www.mineco.gob.es/stfls/mineco/comun/pdf/160503_np_reformas.pdf.

[Último acceso: 19 enero 2017].

- [75] ITU, «La norma G.fast sobre banda ancha aprobada y disponible en el mercado», diciembre 2014. [En línea]. Disponible: http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2014/70-es.aspx#.WJypHrGDPIU. [Último acceso: 9 febrero 2017].
- [76] Diario Oficial de la Unión Europea, «RECOMENDACIÓN DE LA COMISIÓN», 17 diciembre 2007. [En línea]. Disponible: <http://www.boe.es/doue/2007/344/L00065-00069.pdf>. [Último acceso: 30 diciembre 2016].
- [77] CNMC, «Informe Económico Sectorial de las Telecomunicaciones y el Audiovisual», 2016.
- [78] G. E. Moore, «Cramming more components onto integrated circuits», 1975. [En línea]. Disponible: http://web.eng.fiu.edu/npala/EEE6397ex/Gordon_Moore_1965_Article.pdf. [Último acceso: 11 febrero 2017].